

T.C.

**Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi
Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı**



**Distal 1/3 Önkol Median , Ulnar Sinir Kesilerinin Primer Tamir Sonrası Uzun Dönem
Sonuçlarının Elektromyografi ile Karşılaştırılması**

Uzmanlık Tezi

Dr. Ahmet Enes ÖRNEK

Tez Danışmanı

Prof Dr. Erhan COŞKUNOL

İZMİR-2023

Ege üniversitesi tıp fakültesi ortopedi ve travmatoloji anabilim dalında eğitim öğretim sürecim boyunca el ve üst ekstremité cerrahisi alanınında benden bilgi ve deneyimlerden faydalanma fırsatı sunan ve çalışmamda benden yardımını ve tecrübesini esirgemeyen, tez danışmanım Sayın Prof. Dr.Erhan Coşkunol 'a aynı zamanda, çalışma sürecinde, benden desteğini esirgemeyen Doç.Dr Murat Celal Sözbilen 'e.

Tümör cerrahisi alanında geniş ve disiplinli bir bakış açısı kazandıran Prof. Dr.Dündar Sabah ve Uzm.Dr. Hüseyin Kaya 'ya

Eklem ve Spor cerrahisi alanında daima güncel veriler ve yaklaşımlar içinde kalmamızı sağlayan Prof. Dr. Semih Aydoğdu Prof Dr Emin Taşkırıan ve Doç Dr Elçil Kaya Biçer 'e

Travma konusunda bizi donanımlı bir ortopedist olmamızı sağlayan Prof.Dr. Kemal Aktuğlu ve Prof. Dr. Nadir Özkayın 'a

Pediatric Cerrahi alanında yardımını ve bilgisini bizden bir an olsun esirgemeyen Doç. Dr.Hüseyin Günay 'a

Omurga ve Ayak cerrahisi alanında bilgisini ve önerilerini bizden esirgemeyen Doç.Dr. Murat Öztürk 'e

Nöroloji Anabilim Dalında elektrofizyolojik çalışmalarda benden bilgisi ve yardımını esirgemeyen Uzm.Dr. Şeyma Aykaç 'a

Ve bugünlere gelmemde büyük emeği olan Aileme

Sonsuz Teşekkürlerimi sunarım..

Ahmet Enes ÖRNEK

Temmuz-2023

İÇİNDEKİLER

• TEŞEKKÜR.....	2
• Tablolar Dizini.....	4
• Şekiller Dizini.....	5
• Resimler Dizini.....	6
• Kısaltmalar Dizini.....	7
• ÖZET.....	8
• ABSTRACT.....	10
• GİRİŞ	13
• GENEL BİLGİLER	14
• 3.HASTALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	54
• 3.1.OLGU RAPOR FORM.....	54
• 3.2.Değerlendirilmede Kullanılan Skorlar.....	55
• 3.3.Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler.....	56
• GEREÇ VE YÖNTEM	61
• 4.1. Bireyler ve Yöntem.....	61
• 4.2.Cerrahi Teknik.....	64
• 4.3.Cerrahi Sonrası Takip ve Rehabilitasyon.....	64
• 4.4.Istatiksel Yöntem.....	65
• SONUÇLAR	66
• 6.TARTIŞMA.....	83
• 7.SONUÇ.....	93
• 8.KAYNAKLAR.....	94
• 9.EKLER.....	101
• EK-1 : QucikDash Anketi.....	
• EK-2 :VAS Anketi.....	

Tablolar Dizini

Tablo 1: Periferik sinir lifi tipleri ve afferent organları.....	27
Tablo 2: Periferik sinir yaralanmaları Seddon ve Sunderland sınıflandırmaları.....	32
Tablo 3: Biomedical Research Council (BMRC) Duyu değerlendirme skalası.....	56
Tablo 4: Monofilament test çap ve grade değerlendirme skalası.....	57
Tablo 5: Yaş Dağılımı.....	64
Tablo 6: Taraf ve Dominansı.....	64
Tablo 7: Yaralanma şekli , İş kazası ve Sigara Kullanımı.....	65
Tablo 8: Elektromyografisi Olan Hastaların Dağılımı.....	65
Tablo 9: Medin ,Ulnar ve Kombine Sinir Kesilerinin Dağılımı.....	69
Tablo 10: Sinir,Arter Kesi Dağılımı.....	70
Tablo 11: Kullanılan Skorlar ve Kontrol Aylara Göre Ortalama Değerleri.....	71
Tablo 12: 3.Ay Ortalama Kuvvetler ;Birim Pound...../..	72
Tablo 13: 6.Ay Ortalama Kuvvetler Birim Pound.....	72
Tablo 14: 12.Ay Ortalama Kuvvetler Birim Pound.....	73
Tablo 15: Opere tarafın sağlam tarafa göre kavrama,pinch ve oppozisyon ortalamaları.....	74
Tablo 16: Kavrama Kuvveti,Tip Pinch, Key Pinch ve Palmar Pinch Kuvvetlerinin Aylara Göre RMUP potansiyeli ile ilişkisi için Mann-Whitney U test $p<0.05$ Anlamlı.....	75
Tablo 17: Ulnar Sinir Kesilerinde Froment Bulgusu(Kombine Kesiler Dahil).....	77
Tablo 18: Ulnar Sinir Kesilerinde Wartenberg Bulgusu(Kombine Kesiler Dahil).....	77
Tablo 19: Ulnar Sinir Kesilerinde Pençe El Bulgusu(Kombine Kesiler Dahil).....	77.
Tablo 20: :Soğuk intoleransının değerlendirilmesi.....	78
Tablo 21: Sempatik Aktivasyonun Değerlendirilmesi.....	78
Tablo 22: Median ve Ulnar Sinir Duyusunun Geri Dönüşünün(BMRC)12.ay Karşılaştırılması	
Tablo 23: Tüm aylar BMRC duysal değerlendirme ortalama değerleri.....	79
Tablo 24: Median Ve Ulnar Sinir DSAP genlikleri ile İki Nokta Diskriminasyonu, Monofilament Test ve Q-Dash ilişkisinin Sperman Korelasyon Analizi Sonuçları.....	81
Tablo 25: Median duyu amplifikasyon ile iki nokta diskriminasyonu Radyal taraf korelasyon	84
Tablo 26: Ulnar duyu amplifikasyon ile iki nokta diskriminasyonu Ulnar taraf korelasyonu...	84
Tablo 27: Median sinir duysal amplifikasyon ile Monofilament test Radyal taraf korelasyonu..	85
Tablo 28: Ulnar sinir duysal amplifikasyon ile Monofilament test Ulnar taraf korelasyonu.....	85

Şekiller Dizini

Şekil 1: Schwann hücreleri ve sinaptik boşluk[8].....	17
Şekil 2: Brakial pleksus (C5-T1) şematik gösterimi[10].....	19
Şekil 3: Ulnar sinirin şematik gösterimi[72].....	21
Şekil 4: :Guyon kanalı şematik gösterimi[73].....	23
Şekil 5: Popliteal bölgede siyatik sinirin hemotoksilen-eosin boyama[13].....	27
Şekil 6: Periferik sinir yapısı[64].....	28
Şekil 7: Periferik sinirin mikrosirkülasyon sistemi*Mizisin and Weerasuriya (2011).....	29
Şekil 8: Sunderland sınıflaması[27].....	35
Şekil 9: Periferik sinir yaralanmalarının sınıflandırılması [26].....	36
Şekil 10: Wallerian dejenerasyonunun şematik gösterimi ve sinir rejenerasyonu[37].....	38
Şekil 11: Bügner Bantları Elektron Mikroskopisi[41]	39
Şekil 12; Periferik Sinir Yaralanması, Dejenerasyon ve Rejenerasyon[32].....	40
Şekil 13: Sinir Tamir Çeşitleri. Sırası ile Epinöral Tamir, Fasiküler Tamir ve Sinir Grefti ile Tamir[54].....	42
Şekil 14: Epinöral Onarım[62].....	42
Şekil 15: Perinöral (Fasiküler) Onarım[62]	43
Şekil 16: Epiperinöral Onarım[58]	43
Şekil 17: Distal önkol kaydı ile ortodromik ulnar duyuşal kayıt testi bölgeler.....	49
Şekil 18:_Reinnerve kontralateral normal sağ abductor digiti'de motor ünite potansiyeller..	53

Resimler Dizini

Resim 1: İki Nokta diskrimasyonu Baseline Aesthesiometer 2PD cihazı.....	57
Resim 2: Jamer Dinamometresi ile Kavrama Kuvvetinin Ölçülmesi.....	58
Resim 3: Tip Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi.....	58
Resim 4: Palmar(Chuck) Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi.....	59
Resim 5: Lateral (Key) Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi.....	59
Resim 6: Oppozisyon Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi.....	60
Resim 7: Ulnar sinir uç uca koaptasyonu 8.0 Emilmeyen Dikişlerle.....	66

Kısaltmalar Dizini

EMG:Elektromyografi

FCU ;Flektor karpi ulnaris

FDP:Flektor digitorum profundus

Mv:Mikrovolt

µm ;Nanometre

NCV;Sinir Hız Testi (Nerve Conduction Velocity)

VEP:Görsel Uyarılmış Potansiyel (Visual Evoked Potential,)

AEP: İşitsel Uyarılmış Potansiyel (Auditory Evoked Potential)

SEP: Somatosensoriyel Uyarılmış Potansiyel

DAP :duysal aksiyon potansiyeli

BKAP: Birleşik kas aksiyon potansiyeli.

DSAP Duysal sinir aksiyon potansiyeli

RMUP Rejenarasyon Motor Unite Potansiyel

VAS Görsel analog Ölçeği

QDash;Quik dash skor

APB;Abduktor pollicis brevis

ADM;Adduktor digiti minimi

BMRC;Biomedical Research Council

ÖZET

Ahmet Enes Örnek, Distal 1/3 Önkol Median , Ulnar Sinir Kesilerinin Primer Tamir Sonrası Uzun Dönem Sonuçlarının Elektromyografi ile Karşılaştırılması :Retrospektif Çalışma, Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, 2023

Amaç : El bileği seviyesindeki median ve ulnar sinir üst ekstremitayı innerve eden sinirlerdir.

Sinir yaralanmaları uzun süren iyileşme ve rehabilitasyon süreci gerektiren bir yaralanma şeklidir. Cerrahi teknik ve rehabilitasyon süreci başarılı olsa dahi klinik sonuçları tatmin edici olmayabilir. Son yıllarda nöron bilimindeki ve doku mühendisliğindeki gelişmeler hızla ilerleme kaydetse de klinik sonuçlar halen tatmin edici değildir. Median ve ulnar sinirin motor, sensoriyel özelliklerin farklı olması, klinik muayenede farklı sonuçlara neden olabilmektedir. Literatürde median ve ulnar sinir hasarının primer tamir sonrası sonuçlarına yönelik klinik çalışmalar yaygın olarak bulunmaktadır. Ancak Cerrahinin etkinliğini nicel bir zemine koyabilecek çalışmalar nadirdir. Nöronların elektrofizyolojik değerlendirmelerinden olan elektromiyografi (EMG) testleri sinir sıkışmalarında bizlere değerli bilgiler sunmakta olduğu bilinmektedir. EMG ile, cerrahi girişimin etkinliği de değerlendirilebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, sinir onarımından sonra fonksiyonel kapatış ve duysal dönüşün geri kazanılmasıyla ilgili olarak motor ve duyu birimlerin yeniden kurulması ve yeniden modellenmesi sürecini takip etmektir. Bu takip sürecinde cerrahi etkinliğin elektrofizyolojik tabanda değerlendirilmesi bu bağlamda fonksiyonel sonuçların düzeltilmesi ve komplikasyonların erken dönemde önlenmesi amaçlanmaktadır.

Gereç ve Yöntem : Bu çalışmaya Ege Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalında Ocak 2021- Aralık 2022 tarihleri arasında değişik nedenlerle distal 1/3 ön kol düzeyinde median, ulnar sinir kesisi nedeniyle primer tamir uygulanan ve kontrollerinde EMG sinir yaptıran olgular retrospektif doğada incelenlenmiştir. Düzenli kontrollere gelen en az 3 aylık takibi olan olgular kendi rızası ile çalışmaya dahil edildi. Dahil edilme ve dışlama kriterlerine uyan en az 3 ay en çok 12 ay takibi olan 38 hasta ile yapılmıştır. Çalışmaya katılmayı kabul eden ve takiplerine gelen ve tedaviden sonra 3 .ay, 6.ay ve ya 12 .aya ait kontrol EMG si ile beraber klinik değerlendirmesi yapılmış 38 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma grubunda

elektromyografik testleri ile eş zamanlı klinik değerlendirilmesi yapılmış 3.ay 26 olgu , 6.ay 27 olgu ve 12.ay 27 olgu olmak üzere 3 adet kontrol grubu bulunmaktadır.

Bulgular : Çalışma grubunda cinsiyet,sigara ve eşlik eden arteriyel yaralanma primer/geç primer onarım VAS skorları ile elektromyografik parametler arasında istatiksel anlamlı bir fark yoktu.RMUP 3.ayda pozitif olanların takiplerde 3.ayda bulgu vermese de 6. ve 12.aydaki kavrama kuvvetleri ($p<0.042$, $p<0.012$),palmar pinch kuvvetleri ($p<0.029$, $p<0,027$) key pinch kuvvetleri.($p<0.024$, $p<0.029$) daha yüksekti.Tip Pinch kuvvetleri ise sadece 12.ay da anlamlı daha yüksekti. ($p<0.026$)

RMUP 3.ay pozitifleşen ulnar sinir kesilerinde takiplerde 12.ayda froment bulgusu ve wartenberg bulgusu ile istatiksel olarak negatif anlamlı bir ilişki bulundu($P<0.047$) ve takiplerde daha az pençe el deformitesi gelişti($p<0.012$)

RMUP 3. ay ve 6.ayda pozitif olanların 3.ay/6.ay ve 12. ay Qdash ($p<0.001$, $p<0.004$, $p<0.005$) ve kapandji skorları ($p<0.004$, $p<0.006$, $p<0.042$)daha iyiydi.

.RMUP + olanların yaş ortalaması daha küçüktü ($p<0.013$)

Cam ile düzgün kesilerin delici kesici alet ile yaralanmalara göre daha erken elektromyografik sinyaller verdiği bulundu.($P<0.018$) .Erken RMUP pozitifliği erken işe dönüş ile anlamlıydı. ($p<0.022$).

İki Nokta diskriminasyonu radyal taraf ile Median sinir DSAP ile 3.ayda çok yüksek derece($r=0.905$, $p<0,001$),6.ayda yüksek ($r=0.880$, $p<0.001$) ve 12.ayda orta ($r=0.628$, $p<0,001$) pozitif korelesyon gösterdiği bulundu.2 nokta diskriminasyonu ulnar taraf ile ulnar sinir DSAP ise 3 .ayda çok yüksek ($r=0.897$, $p<0,001$) ,6.ayda yüksek ($R=0.764$, $p<0,001$) ve 12.ayda orta ($r=0.502$, $p<0,008$) derece bir korelasyon gösterdiği saptandı Ortalama sinir iyileşmesi 12 aylık takipte iki sinir içinde s3 olarak bulunmuştur.3.ay , 6.ay ve 12 ayda iki sinir arasında duysal dönüş açısından anlamlı bir fark bulunmdı.Kombine kesiler hariç hiç birinde kötü sonuca rastlanmadı.

BMRC duyu skalasında median ve ulnar sinir açısından istatiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamış olsa da EMG de motor ve duysal değerlendirme açışında RMUP erken

pozitifleşen olguların 6. ve 12 ay kontrol Emglerinde median sinir için hem DSAP hem BKAP i istatistiksel olarak daha iyi bulundu ($p<0,015$, $p<0,020$),($p<0,021$, $p<0,018$)

Ulnar sinir için sadece 12.ay DSAP değerleri daha iyiydi BKAP değerleri ile anlamlı bir ilişki saptanmadı. ($P<0,023$)

Sonuç :Önkol seviyesinde periferik sinir yaralanmalarında 3.ay, 6.ay ve 12.ay EMG değerlendirilmesinde 3.ayda erken RMUP saptanması fonksiyonel geri dönüş için en iyi prognostik göstergelerden biridir.RMUP 3.ayda pozitif olanların takiplerde 6. ve 12.aydaki kavrama kuvvetleri ,palmar pinch kuvvetleri key pinch kuvvetler daha yüksekti.Erken RMUP pozitifliği soğuk intoleransı varlığı 12.ayda daha iyi olduğu ve 6.ay ve 12. ayda da Qdash ve kapandji skorları daha iyiydi.Yine bu çalışmadaki veriler ışığında ulnar sinir tuzak nöropatilerinde sıklıkla değerlendirilen froment,wartenberg bulgusunun erken RMUP pozitifliği olanlarda daha azdı.

Sinir tamirleri sonrası rejenerasyon ve fonksiyonel kapasitenin geri dönüşü uzun yıllar almaktadır.Tam dönüş yetişkin hastalarda umulmamalıdır.Bu hastaların uzun takiplerinde klinik testler sinir fibrillerinin yenilenmesi ile motor ve duysal fonksiyonların geri kazanılmasını belirlemek için gereklidir.Duyunun değerlendirilmesinde bir çok test bulunmasına rağmen en iyi test hangisidir konusunda bir fikir birliği yoktur.Biz çalışmamızda ortaya koyduğumuz bu veriler ışığında periferik sinir tamiri sonrası takiplerde Elektromyografik testler kullanımı ile fonksiyonel iyileşme beklentimizi önceden tahmin edilebilir nicel bir zemine koyduğumuzu düşünmekteyiz.

Anahtar Kelimeler:Median ve ulnar sinir yaralanmaları,EMG,Rejenerasyon motor ünite potansiyeli,RMUP

ABSTRACT

Ahmet Enes Örnek MD, Comparison of Long-Term Results of Distal 1/3 Forearm Median and Ulnar Nerve Cuts After Primary Repair with Electromyography: Retrospective Study, Ege University Faculty of Medicine Department of Orthopedics, Phd-Thesis, 2023

Objectives: The median and ulnar nerves at the wrist level are the nerves that innervate the upper extremity. Nerve fractures are a form of injury that require a long recovery and recovery process. Even if the surgical technique and rehabilitation process are successful, clinical results cannot be satisfied. Although developments in neuroscience and tissue engineering have advanced rapidly in recent years, clinical results are still not satisfactory. Different sensory properties may cause different results in clinical examination. In the literature, clinical studies are widely available for containment after primary repair of median and ulnar nerve damage. In the working neural cavities, we offer valuable information from each other. With EMG, the performance of the surgical intervention can also be evaluated. The aim of this study is to continue to re-engage and remodel motor and sensory units in relation to functional shutdown and recovery of emotional return after nerve consequences. It is intended to use scrutiny and complexities at an early stage.

Materials and Methods: In this study, patients who underwent primary repair due to median and ulnar nerve incision at the distal 1/3 forearm level for different reasons between January 2021 and December 2022 at Ege University Department of Orthopedics and Traumatology and had their EMG done in their controls were examined in a retrospective nature. At least 3 patients who came to regular controls. Cases with monthly follow-up were included in the study with their own consent. It was conducted with 38 patients who met the inclusion and exclusion criteria and had a minimum follow-up of 3 months and a maximum of 12 months. 38 patients who agreed to participate in the study and came to their follow-ups and who underwent clinical evaluation with their control EMG at 3, 6, or 12 months after the treatment were included in the study. In the study group, clinical evaluation was performed simultaneously with electromyographic tests. There are 3 control groups, 26 cases, 27 cases at the 6th month and 27 cases at the 12th month.

In our study, it is aimed to evaluate the prognostic variables and surgical efficacy on an electrophysiological basis, which will be revealed in the light of the data to be obtained from a retrospective analysis, from this point of view, in this context, it is aimed to improve the functional results and prevent complications in the early period.

Results: There was no statistically significant difference between gender, smoking and accompanying arterial injury primary/late primary repair VAS scores and electromyographic parameters in the study group. Although RMUP was positive at 3 months, there was no finding in the 3rd month, but the grip strength at 6th and 12th months ($p < 0.042$, $p < 0.012$), palmar pinch forces ($p < 0.029$, $p < 0.027$) and key pinch forces ($p < 0.024$, $p < 0.029$) were higher. Tip pinch and opposition pinch forces were significantly higher only at 12 months. ($p < 0.049$) ($p < 0.026$) In the ulnar nerve cuts that became positive at the 3rd month of RMUP, a statistically negative and significant correlation was found with the Froment sign and Wartenberg sign at the 12th month in the follow-ups ($P < 0.047$) and less claw hand deformity developed in the follow-ups ($p < 0.012$).

Qdash ($p < 0.001$, $p < 0.004$, $p < 0.005$) and Kapandji scores ($p < 0.004$, $p < 0.006$, $p < 0.042$) at 3rd/6th and 12th months of RMUP positive at 3rd and 6th months was better.

The mean age of those with RMUP + was lower ($p < 0.013$). It was found that smooth incisions with glass gave early electromyographic signals compared to injuries with a sharp instrument. ($P < 0.018$). Early RMUP positivity was significant with early return to work. ($p < 0.022$). Two-Point discrimination radial side and Median nerve With DSAP very high ($r = 0.905$, $p < 0.001$) at 3 months, high at 6 months ($r = 0.880$, $p < 0.001$), and moderate at 12 months ($r = 0.628$, $p < 0.001$) was found to be positively correlated. The 2 point discrimination ulnar side and ulnar nerve DSAP was very high at 3 months ($r = 0.897$, $p < 0.001$), high at 6 months ($R = 0.764$, $p < 0.001$), and at 12 months. A moderate ($r = 0.502$, $p < 0.008$) correlation was found. The mean nerve healing was found to be s3 in both nerves at 12-month follow-up. There was no significant difference in sensory return between the two nerves at the 3rd, 6th and 12th months. Combined Except for the incisions, no bad results were found in any of them. Although there was no statistically significant difference in terms of median and ulnar nerves in BMRC sensory scale, both DSAP and CMAP for the median nerve were found to be statistically better in the 6th and 12th month control EMGs of the cases with early positive RMUP in terms of motor and sensory evaluation in EMG ($p < 0.015$, $p < 0.020$), ($p < 0.021$, $p < 0.018$) For the ulnar nerve, only 12th month DSAP

values were found to be better, and no significant correlation was found with CMAP values. (P<0.023)

Conclusions In peripheral nerve injuries at the forearm level, early detection of RMUP at 3 months in the 3rd, 6th and 12th month EMG evaluation is one of the best prognostic indicators for functional recovery. The grip strengths, palmar pinch forces and key pinch strengths were higher at the 6th and 12th months in the follow-ups of the cases with early positive RMUP. Tip pinch and opposition pinch strengths were better only at 12 months. Early RMUP positivity was better at the 12th month. and Qdash and Kapandji scores were better at 6 and 12 months. Again, in the light of the data in this study, the Froment, Wartenberg sign, which is frequently evaluated in ulnar nerve entrapment neuropathies, was less in those with early RMUP positivity.). Early RMUP positivity was significant with early return to work. Regeneration and return of functional capacity after nerve repairs take many years. Full recovery should not be expected in adult patients. In the long follow-ups of these patients, clinical tests are required to determine nerve fiber regeneration and recovery of motor and sensory functions. Although there are many tests in the evaluation of the sense, which is the best test? In the light of the data we have revealed in our study, we think that we have put our expectation of functional recovery on a predictable quantitative basis with the use of Electromyographic tests in the follow-ups after peripheral nerve repair

.Keywords: Median and ulnar nerve injury, EMG, Regeneration motor unit potential, RMUP

1.GİRİŞ

1.1 GİRİŞ VE AMAÇ

Periferik sinir yaralanmalarında sonra yenilenme kapasitesine sahiptir; kas motor ünitelerinin yeniden innervasyonu sırasında yavaş yavaş yeniden kurulur. Bu çalışmanın amacı, sinir onarımından sonra fonksiyonel kapatış ve duysal dönüşün geri kazanılmasıyla ilgili olarak motor ve duyu birimlerin yeniden kurulması ve yeniden modellenmesi sürecini takip etmektir

Geleneksel olarak, periferik sinir lezyonları klinik öykü, fizik muayene ve elektrofizyolojik çalışmalar temelinde teşhis edilir ve görüntüleme çalışmalarının rolü sınırlıdır.[1] Periferik sinir sistemi motor, duysal ve sempatik sinirler ve bağ dokusundan oluşur. Periferik sinirlerin doğru şekilde değerlendirilmesi için bu özelliklerine hakim olmak gerekmektedir.Periferik sinir hasarı bulguları: ağrı,duyu kaybı(anestezi, hipoestezi,), kısmı ve ya tam motor fonksiyon kaybı ve otonomik disfonksiyon kaybı ile kendini gösterebilir[2] Ciddi sinir hasarı hastaların yaşam kalitesi üzerinde yıkıcı bir etkiye sahiptir.Tipik semptomlar duysal ve motor fonksiyon bozuklukları inatçı nöropatik ağrının gelişimi etkilenen ekstremitenin tamamen ve ya kısmi felce uğramasına neden olabilir[3] Birçok periferik sinir yaralanması cerrahi rekonstrüksiyon gerektirir.2005 yılında yapılan bir meta-analizde median sinir ve ulnar sinir onarımları sonrası sadece% 51,6'sının tatmin edici duysal iyileşme yaşıyor.tatmin edici motor geri kazanım, daha da az (% 42.6) olarak bulunuyor.[4]

Bu bilgiler zeminde farklı değişkenler muayene yöntemleri arasında da klinik farklılıklara neden olmaktadır. Klinik değerlendirmede uygulama kolaylığı nedeniyle fizik muayene yöntemleri ön plandadır.

Literatürde el bilek seviyesinde sinir yaralanmalarının klinik ve fonksiyonel sonuçları sıkça karşılaştırılmasına rağmen bu sonuçların EMG ile rasyonolize edilip değerlendirilmesi ile ilgili çalışma sayısı yeterli değildir. Biz de kliniğimizdeki el bileği seviyesindeki sinir yaralanmalarının fonksiyonel ve klinik sonuçlarının EMG ile birlikte kıyaslanarak cerrahi etkinliğin değerlendirilmesi ve klinik sonuçların daha da güçlendirilmesi ve literature bu açıdan katkıda bulunmayı amaçlamaktayız. Bu çalışmanın bir amacı da sinir rejenerasyonu ve reinnervasyonu sırasında EMG parametrelerinin zaman sürecini incelemektir. . Ayrıca, motor ünitelerin yeniden şekillenmesinin tam sinir lezyonlarının onarım tipi ile ne ölçüde ilişkili olduğu bilinmemektedir.

2.GENEL BİLGİLER

2.1 Periferik Sinir Sistemi Embriyolojisi

Santral sinir sistemi, embriyolojik dönemin 3.haftasında ektodermal plak halinde başlar. Bu plağın lateral kenarları nöral katlantılara dönüşür..Katlantılar biraraya gelerek nöral tüpe dönüşür.Periferik sinir sistemi embriyolojisinin temel aşamaları:

Nöral Tüp ve Nöral Krestlerin Oluşumu: Embriyonun erken aşamalarında, nöral tüp adı verilen yapı oluşur. Nöral tüp, merkezi sinir sisteminin (beyin ve omurilik) temel yapı taşıdır. Nöral krestler ise nöral tüpten dışarıya doğru çıkıntı yaparlar. Nöral krestler, periferik sinir sistemi hücrelerinin çoğunluğunu oluşturur. Nöral krest'ten farklılaşan schwann hücreleri dış tarafa migre olup aksonların çevresini sarar ve periferik sinir hücrelerinin myelinizasyonu gerçekleştirir.

Nöral Krestlerin Farklılaşması: Nöral krest hücreleri, çeşitli hücre tiplerine farklılaşır. Bu hücreler, sinir hücreleri (nöronlar), glial hücreler ve melanositler gibi çeşitli hücre tiplerini oluşturur. Sinir hücreleri, nöral tüpten gelişen motor ve duyu sinir liflerini oluşturur.

Nöral Krest Göçü: Nöral krest hücreleri, çeşitli yollarla vücudun farklı bölgelerine göç eder. Bu göçler, periferik sinirlerin ve diğer periferik yapıların oluşumunu sağlar. Nöral krest hücreleri, omurilikten çıkan spinal sinirlerin dorsal kök ganglionlarını (duyu ganglionları) ve sempatik sinir sistemini oluştururlar.

Sinir Köklerinin Oluşumu: Nöral tüpten çıkan sinir kökleri, omurilikten çıkan spinal sinirlerin merkezi bölümünü oluşturur. Sinir kökleri, motor sinir liflerini taşıyan ventral kök ile duyu sinir liflerini taşıyan dorsal kökten oluşur. Bu sinir kökleri, omurilikten çıktıktan sonra birleşerek spinal sinirleri oluşturur.

Sinir Liflerinin Uzaması ve Hedef Organlara Bağlanması: Sinir lifleri, periferik sinirler boyunca uzanır ve hedef organlara doğru yönelir. Bu süreçte sinir büyüme konileri, hedef organlarda uygun hedefe ulaşmak için rehberlik yapar. Sinir lifleri, hedef organlara bağlanarak sinir-müsküler bağlantıları ve sinir doku bağlantıları oluşturur.

Nöral tüpteki birleşme sefalik servikal ve kaudal yönde oluşur. 28. günden itibaren nöral tübün sefalik tarafında primer beyin vezikülleri olan Prosensefalon, mezensefalon, rhombensefalon oluşur. Bunlar daha sonra santral sinir sistemini oluşturmak üzere farklılaşacaktır.

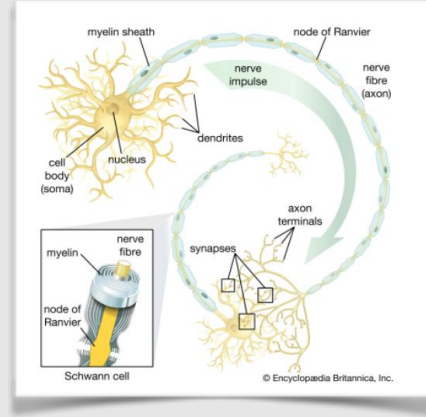
Nöral oluk evresinde ve nöral tüpün kapanmasını takiben hücreler hızla çoğalmaya başlayarak nöroepitelial tabakayı oluşturur. Nöral tüp kapandıktan sonra, nöroepitelial hücreler geniş çekirdekli nöroblastlara farklılaşırlar. Nöroblastlar, nöroepitel tabakanın çevresinde manto tabakasını oluşturur.. Bu tabaka, sonradan spinal kordun gri cevherini oluşturacaktır.

Periferik sinirler, nöronlar, glial hücreler bağ dokusundan oluşur. Periferik sinir sistemi histolojisinin temel bileşenleri:

1. Nöronlar: Periferik sinirlerde bulunan sinir lifleri, nöronlardan oluşur. Sinir lifleri, uzun uzantıları olan hücrelerdir ve iletim için elektriksel sinyallerin iletilmesinden sorumludurlar. Periferik sinirlerdeki sinir lifleri, motor sinir lifleri ve duyuşal sinir lifleri olarak ikiye ayrılır. Motor sinir lifleri, kaslara sinyaller ileterek kas kasılmalarını sağlar. Duyuşal sinir lifleri ise vücuttan gelen duyuşal bilgileri (dokunma, ağrı, sıcaklık gibi) merkezi sinir sistemine ileten sinir lifleridir.
2. Glial Hücreler: Periferik sinirlerde glial hücreler, sinir liflerini destekleyen ve koruyan hücrelerdir. En önemli glial hücre tipleri şunlardır:
 - Schwann Hücreleri: Schwann hücreleri, periferik sinir liflerinin etrafını sararak miyelin kılıf oluşturur. Miyelin kılıf, sinir iletimini hızlandırır ve sinir liflerini izole eder. Ayrıca, Schwann hücreleri, sinir liflerini rejenerasyon sürecinde destekleyen ve yönlendiren önemli bir rol oynar.
 - Satalit Hücreleri: Satalit hücreleri, duyuşal ganglionlarda bulunan ve nöronlarla etkileşime giren destek hücreleridir. Satalit hücreleri, metabolik ve koruyucu fonksiyonlara sahip olabilir.
3. Bağ Doku: Periferik sinirlerdeki sinir liflerini ve glial hücreleri destekleyen ve koruyan bağ doku bulunur. Bu bağ doku, sinir liflerini bir arada tutar ve sinirlerin çevresel dokularla ilişkisini sağlar.

Sinir hücre gövdesinin ana fonksiyonel ünitesine perikaryon denilir. Perikaryon beslenme transport,çevre yapılardan koruma gibi görevleri olan kompleks bir yapıdır. Sinir hücresi içerisinde bulunan protein sentezinden sorumlu endoplazmik retikuluma Nissl cisimciği denir.Sitoplazma içerisinde var olan nörotübül ve nörofilamentlerden metabolitlerin taşınmasında, hücre iskelet yapısında görev alırlar.

Şekil.1:Schwann hücreleri ve sinaptik boşluk[8]



. Schwann hücreleri tarafından sentezlenen ve ekstraselüler matriksin temel yapıtaşını oluşturan proteinlerden olan kollajen tip IV ve laminin sinir rejenerasyonun görev almaktadır [9]

2.3.Periferik Sinir Sistemi Anatomisi

Periferik sinir sistemi,hedef organlar ile santral sinir sistemi arasında iki taraflı uyarı iletimini sağlayan bir sistemdir. Periferik sinir sistemi somatik ve otonomik sinir sistemi olmak üzere iki gruba ayrılır.

Somatik Sinir Sistemi: Merkezi sinir sistemine sensoryel bilgi getiren periferik sinirlerden ve iskelet kaslarını innerve eden motor liflerinden oluşur.Hücre gövdesi iskelet kasıyla doğrudan ilişki kurar.

Otonom sinir sistemi: Otonom Sinir Sistemi salgı bezlerini ve visseral organların düz kaslarını çalışmasını düzenler.Otonom sinir sistemi sempatik sinir sistemi, parasempatik sinir sistemi olarak ikiye ayrılır.

Her segmentde bir çift spinal sinir bulunur. Her spinal sinir, ventral kök ve dorsal kökten oluşur. Ventral kök, motor sinir liflerini taşıırken, dorsal kök, duyuşal sinir liflerini taşıır. Bu sinirler, çeşitli kaslara ve deri bölgelerine yayılırlar.

Her bir segmentte ön ve arka kökler omurilik dışında **spinal siniri** meydana getirirler. 31 çift spinal sinir vardır (8 servikal, 12 torasik, 5 lumbar, 5 sakral, 1 koksigeal). Periferik sinir sistemi ayrıca kafa ve boyun bölgesinde bulunan kranial sinirleri içerir. Kranial sinirler, beyin sapından çıkan 12 çift sinirdir.

Ganglionlar: Periferik sinirlerde, sinir hücrelerinin bir araya geldiği ganglionlar bulunur. Dorsal kök ganglionları, spinal sinirlerin dorsal kökünde yer alır ve duyuşal sinir liflerinin hücre gövdelerini barındırır. Daha genel anlamda, ganglionlar sinir hücrelerinin gruplaşmasını ve etkileşimini sağlar.

Brakiyal Pleksus, C5, C6, C7, C8 ve T1 spinal sinir köklerinden oluşur. Bu spinal sinir kökleri, boyun ve üst sırt bölgesinden çıkar ve omuz bölgesinde birleşerek pleksusu oluşturur. Brakiyal Pleksus, supraklaviküler ve infraclaviküler bölgelerde yer alır.

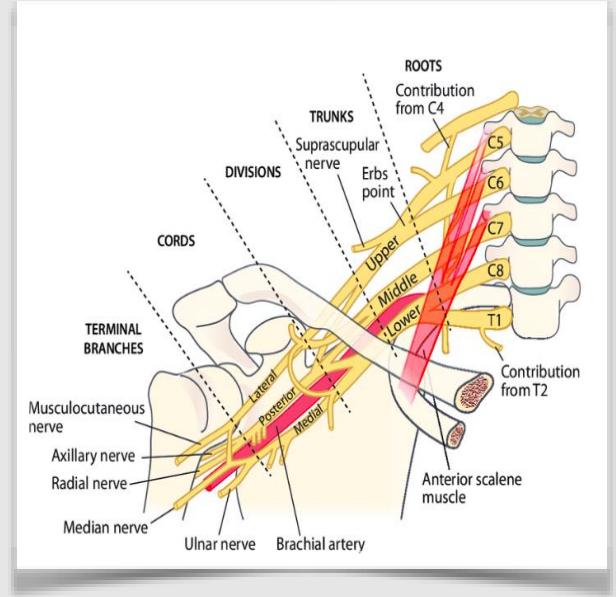
Kökler, trunks (gövdeler), divisions (bölümler), kordlar ve dallar olmak üzere beş temel bölümden oluşur.

- Kökler: C5, C6, C7, C8 ve T1 spinal sinir köklerinden oluşur.
- Trunks: Kökler, omuz bölgesinde birleşerek superior orta ve inferior trunksları oluşturur.
- Division: Trunkslar, klavikula altında anterior ve posterior divisionslara ayrılır.
- Kordlar: Divisionslar, anterior kord, posterior kord ve medial kord olmak üzere üç korda ayrılır.
- Dallar: Kordlardan çıkan farklı dallar, kasları ve deriyi innerve ederek üst ekstremitenin hareket ve duyuşunu sağlar.

□ Ana Dallar: Brakiyal Pleksus'tan çıkan bazı ana dallar şunlardır:

- Muskulokutan Sinir: Ön kola innerve eder ve biceps brachii, brachialis ve korakobrakialis kaslarını innerve eder.
- Axillar Sinir: Omuz eklemi rotator cuff kasları ve deltoid kasını innerve eder.
- Radial Sinir: Üst kolun arka tarafını innerve eder ve triceps brachii ve diğer ekstansör kasları innerve eder.
- Median Sinir
- Ulnar Sinir

.Şekil.2: Brakial pleksus (C5-T1) şematik gösterimi[10]



3.1. Median Sinir

Pectoralis minörün korakoid çıkıntı yapışma yerinin altından, brakial pleksusun medial ve lateral kordundan(C5-T1) birleşmesiyle oluşur. Lateral kordun daha lateralinden muskulokutanöz sinir çıkar ve kaynağını C5-C7 arasından alır. Muskulokutanöz sinir korakoid'in yaklaşık 5-8 cm distalinde korakobrakialis içerisine girer, biceps ve brakialis arasında uzanarak;korakobrakialis, biceps'in kısa ve uzun başı, brakialisin yarısını innerve eder.Muskulokutanöz sinir, lateral antebrakial kutanöz sinir olarak sonlanır ve bu sinir ön kolun lateral volar yüzünün duyusunu sağlar.

Median sinir dirseğe kadar duysal ve motor innervasyon sağlamaz. Motor dalları en çok olarak fleksör kivrım seviyesinde verir. Ayrıca dallanmalar dirseğin 4 cm kadar

proksimalinde görülebilir. Median sinir distale doğru lateral intermusküler septum içinden, bicepsin kısa bağ altından geçerek brakial arterin lateralinde uzanır.

Kolun orta hattında brakial arterin medialine geçerek antekubital bölgeye doğru iner. Kubital fossa içerisinde median sinir bisipital aponörosis altında, antekubital ven ve brakial arterin medialinde ilerler. Bu seviyede en medialindeki yapılar pronator ve fleksörlerin ortak orgini oluşturur. Median sinir trokleanın önünde brakialisin üzerindedir, medial epikondilin önünde olabildiği gibi trokleanin medialinde de bulunabilir. Bu dirsek çıkıkları açısından klinik önem taşır ve medial epikondil kırıklarının cerrahi fiksasyonunda risk altındadır.

Dirsek distalinde median sinir fleksör digitorum superficialisin altında fleksör digitorumun profundusun üzerinde ön kola doğru ilerler. Ön kolun distal 1/3 ü gerisinde median sinir fleksör digitorum superficialisin altından çıkarak fleksör karpi radialisin medialinde palmaris longusun lateralinde karpal tünele kadar uzanır. En sık var olan dallanma düzeni pronator teres, fleksör karpi radialis, fleksör digitorum superficialise verdiği rekürren veya terminal dallar şeklindedir. Pronator teresin innervasyonu dirseğin proksimalindedir. Kalan kaslar dirseğin distalinden innerve edilirler.

Median sinir palmar kutaneal dal avuc içinde tenar bölgenin duyusunu sağlar ve genellikle el bileğinin 4-5 cm proksimalinden ayrılarak fleksör karpi radialisin ulnar tarafında seyreder. Palmar kutaneal dal da bölünerek radial dal tenar çıkıntının taban cildini, ulnar dal avuç içinin bir kısmını besler. Palmar kutaneöz sinirin ulnar dalı genellikle avuç içi cildini innerve etmeden önce transvers karpal ligamanın delerek çıkar. Bu yüzden karpal tünel gevsetmesi esnasında yapılan cerrahi kesinin radialde kalması bu sinir açısından risk oluşturur.

Pronator teresin iki basın birleşme yeri seviyesinde median sinir anterior interosseöz dalını verir. Anterior interosseöz sinir fleksör ve pronator kasların altına girerek anterior interosseöz arter ile birlikte (ulnar arterin dalıdır) interosseöz membranun volar yüzeyinde seyreder. Anterior interosseöz sinir boyunca fleksör policis longusu, pronator quadratus ve fleksör digitorum profundus'un 2 ve 3. parmağa innerve eder. El bileğinin volar kapsülüne duysal dallar vererek sonlanır [67].

Proksimal el bileği kıvrımı karpal tünelin proksimal kenarını belirler, palmar bölgenin ortasına doğru ilerleyip 3. metakarpın tabanında sonlanır. Karpal tünelde karpal

kemikler tabani, hamatumun çengeli ulnar duvarı, trapezyum radial duvarı ve transvers karpal ligaman da çatıyı oluşturur. Karpal tünel içerisinde median sinir kendi içinde 3 dala ayrılır. Lateral dal 1.parmagi ve 2. parmagin radial kısmın, terminal medial dal 3. parmak ile 4. parmagin radial kısmın besler. En lateraldeki median sinirin terminal motor innervasyon dalıdır. Bu rekürren motor dal abduktör pollicis brevis, fleksör pollicis brevis, opponens pollicis ve terminal duysal dallara ayrılmadan önce lateraldeki iki lumbrikal kasi innerve eder.

Rekürren motor dal çıkış yerinin varyasyonlarından dolayı ilgi duyulan bir daldır [68]. Papathanassiou üç varyasyon tanımlamıştır. En sık görüleni karpal tünele girmeden önce çıkma (% 46), tünel içinde tenar çıkıntısını geçtikten sonra tünel içinde ayrılan (% 31) ve son olarak da tünel içinden ayrılıp transvers karpal ligaman delip geçerek giden varyasyonu (% 23) görülür [68].

2.3.2. Ulnar Sinir

Median sinire brakial pleksusun medial kordu tarafından dallar verildikten sonra terminal dallar aksilla içerisinde devam ederek C8 -T1 ve C7' den de dallar alarak ulnar siniri oluştururlar. Ulnar sinir aksiler arter ve ven ile birlikte pektoralis minörün altında uzanır. Ulnar sinir aksillayı geçtikten sonra subskapularis, teres major ve latissimus dorsinin humerusa yapışma yerindeki tendinöz bölgenin üzerinde seyreder.

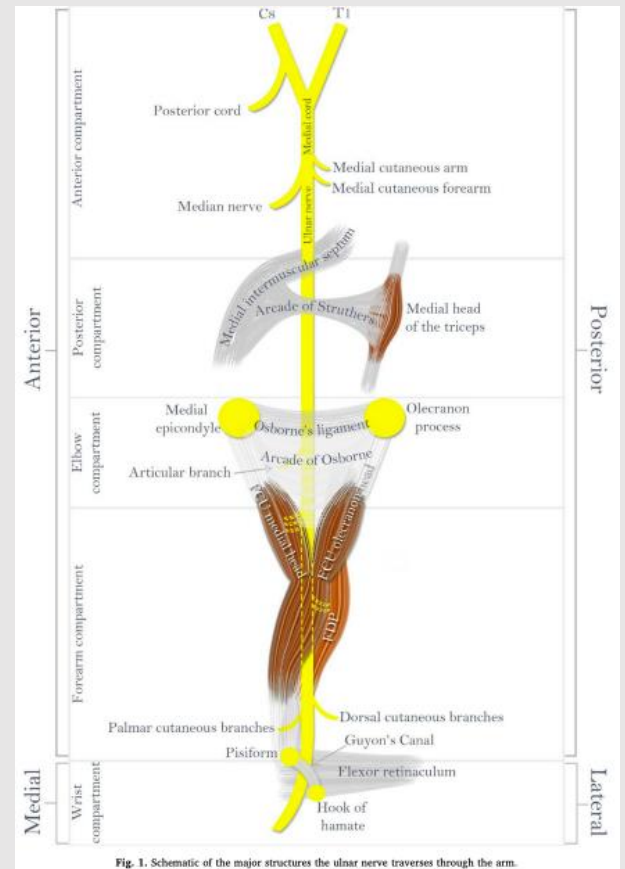


Fig. 1. Schematic of the major structures the ulnar nerve traverses through the arm.

Şekil.3:Ulnar sinirin şematik gösterimi[72]

Ulnar sinir korakobrakialisin distalde humerusa yapışma seviyesinde (medial epikondilin 10 cm proksimalinde) medial intermuskuler septum delerek kolun posterior kompartman icerisine girer. Burada trisepsin medial başının anteriorunda uzanır .

Medial epikondilin 8 cm proksimalinde trisepsin medial basi ile intermuskuler septum arasinda uzanan ve ulnar siniri çaprazlayan ince fasial bir band bulunabilir (Struthers arkadi).Toplumda % 70 oranunda bulunur ve Struthers arkadı median sinirin sıkışmasına neden olan toplumda % 1 oranında görülen Struthers ligamanından daha sıktır.

Ulnar sinir median epikondilin arkasına doğru giderek dirsek seviyesinde medial epikondil tarafından sınırlanır. Sinir epikondilin posterioruna geçerken Osborne ligamani bir fibros kılıf tarafundan ve FCU'nun posteriomediali tarafından sınırlanır. Bu iki yap birlikte kubital tüneli oluşturur. Ulnar sinir ilk dalını dirsek kapsulünü innerve eden duysal dal olarak verir [67].

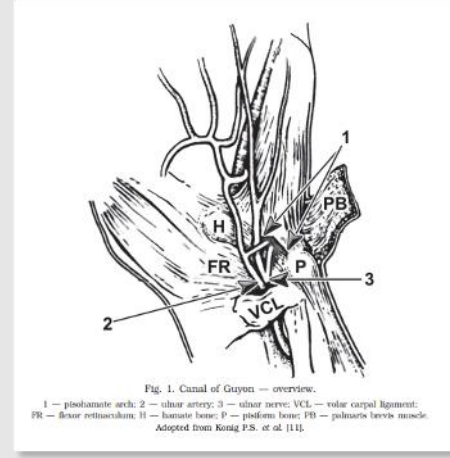
Ulnar sinir kubital tünelden çıktıktan sonra FCU'nun iki basi arasından ön kolun anterior kompartmanına girer . Kübital tünelden çıktıktan sonra ulnar sinirFCU'ya motor dallar vererek FDP'nin önünde uzanır.

Medial epikondilin yaklask 5cm distalinde 4. ve 5. parмага giden derin fleksörlerin motor innervasyonunu saglar. Bhadra ve arkadaşları 20 ön kolda yaptıkları çalışmada 4. parmağın derin fleksörünün % 75 ulnar sinir ve anterior interosseöz sinir tarafından çift innervasyonlu olduğunu belirtmislerdir[69].

Ön kolun ortasında medial epikondilin yaklaşık 12 cm distalinde ulnar sinir yüz eyelleşerek ulnar arter ile birlikte el bileğine doğru gider. FCU' nun tendinöz bölgesine gelmeden hemen önce ulnar sinir dallanır. İki dalın daha yüzeysel olan ulnanin distalinde dorsale doğru dönerek ulnar sinirin dorsal duyu dalını oluşturur.

Ulnanin dorsal duyu dalı pisiform kemigin yaklaşık 5 cm proksimalinde FCU'nun inferiorundan çıkarak ortalama 5 dal (3-9 dal) olarak cilt altında ilerler ve elin dorsoulnar kısmının duyusunu saglar [70]. Ulnar sinirin palmar kutaneal dal (Henle'nin siniri) medial epikondilin yaklagik 5-11 cm distalinden belirlemekte olup hipotenar cildin duyusunu ve ulnar arterin sempatik liflerini bulundurmaktadır.

Şekil.4: Guyon kanalı şematik gösterimi[73]



El bileği seviyesinde ulnar sinir fleksör retinakulum düzeyinde yüzeyelleşir ve FCU'nun pisiforma yapışmadan önceki tendinöz kısmı üzerinde ilerler. Ulnar sinir pisiforma doğru radiale dönerek Guyon kanal olarak bilinen tünelin içinde seyrederek .Tünelin tabanının büyük bir kısmı transvers karpal ligaman tarafından yapılır da FDP, pisohamat ve pisometakarpal ligamanlar ile opponens digiti minimi de taban yapısına katılırlar.Tünelin çatısında palmar karpal ligaman, palmaris brevis ve distale doğru hamatumun çengelinde dallara ayrılır.

Yüzeyel dal ilk olarak palmaris brevis motor dallar verir ve 5.parmagi, 4. parmanın ulnar yarısı ile palmar bölgenin ulnar innervasyonunu sağlar. Derin dal ise adduktor pollicis, opponens digiti minimi, abduktör digiti minimi, fleksör digiti minimi brevis (derin başı), interosseöz kaslar ile 4 ve 5. parmanın lumbrikal kaslarını innerve eder[71].

Ulnar sinirin el bileği seviyesinde bazı varyasyonlar gösterilmiştir. Dood ve arkadaşlar 57 el bileğinde yaptıkları çalışmada 1 elde ulnar arterin kanal içerisinde sinirin medialinde olduğunu görmüşlerdir. Bir örnekte de ulnar sinirin kanala girmeden önce yüksek seviyede ayrıldığını belirtmişlerdir. Dood ve arkadaşları bazı musküler anomaliler bulmalarına rağmen nöral anatominin Guyon kanalında oldukça tutarlı saptamışlardır[74]. Kong ve arkadaşları 23 elde yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar bulmuşlardır.10 vakada el bileğinde volar bölgede median ve ulnar sinir arasında yüzeyel bir anastomoz gözlemlemişlerdir. Kong ve arkadaşlar kanal içinde oldukça uyumlu bir

anatominin olduğunu gözlemlemişlerdir, fakat kanalın çıkışında ince fibröz bir bandın sinirin kompresyonuna sebep olabileceğini gözlemlemişlerdir [75]. Sonuç olarak median ve ulnar sinir arasında tanımlanmış iki tane anastomoz bulunmaktadır. Bunlar; Martin-Gruber veya proksimal anastomoz [76] ile Riche-Cannieu anastomozlardır [77].

Riche-Cannieu anastomozu distalde gözlenen median ve ulnar sinirin palmar kutaneal dalları arasındaki anastomozdur. Martin-Gruber anastomozu daha iyi tanımlanmış olup popülasyonda % 10,5 ile 25 arasında gözlenmektedir. Martin-Gruber anastomozu ön kol seviyesinde ulnar ve median sinir arasındaki anastomozdur. Tams 112 ön koldan % 23'ünde sinirler arası anastomoz bulmuştur. Örneklerin hiçbirinde anastomozlar median ve ulnar sinir arasında değil anterior interosseöz sinir ile FDP'un dalları arasında gözlemlenmiştir[78].. Shu ve arkadaşlar 72 ön kolun 17' sinde anastomozları 4 tip olarak belirtmişlerdir [79].

-Tip 1- anterior interosseöz ile ulnar sinir arasında

-Tip 2- median sinir ve ulnar sinir arasında

-Tip 3- median FDP dalları ile ulnar arasında

-Tip 4- Tip 1, 2 ve 3' ün kombinasyonları şeklindedir.

Periferik sinir yaralanmalarında distale yaklaştıkça tama yakın fonksiyonel dönüşün olabileceği bilinmektedir.El bileğinde ulnar sinir kesisi sonrası ilk olarak hipotenar kaslarda dönüş oluşmaktadır bunu intraosseözler ve lumbrikaller takip etmektedir.

Bunların önemi median sinirin eklemeler ile ulnar sinir yaralanmasının klinik veya elektrodagnostik olarak yetersiz değerlendirilmelerine neden olabilmektedir.

2.4.Periferik Sinir Sistemi Fizyolojisi

Periferik sinirler santral sinir sisteminden ve çevresel uyaranlardan gelen elektriksel sinyalleri taşır. Bu iletim, sinir liflerindeki elektriksel potansiyel değişimleri kullanarak gerçekleşir. Aksiyon Potansiyeli: Bir sinir lifi uyarıldığında, aksiyon potansiyeli adı verilen elektriksel bir sinyal oluşur. Aksiyon potansiyeli, sinir lifinin membranındaki iyon kanallarının açılması ve kapanmasıyla gerçekleşir. Bu potansiyel, bir noktadan diğerine hızla yayılarak iletimin gerçekleşmesini sağlar. Miyelin Kılıfı: Sinir liflerinin bir kısmı miyelin kılıf ile kaplıdır.

Miyelin kılıf, Schwann hücreleri tarafından oluşturulur ve sinir iletimini hızlandırır. Miyelin kılıflı sinir lifleri, aksiyon potansiyelini sıçrayarak ileten tuzluğun prensibini kullanır. Sinir-Müsküler Bağlantı: Periferik sinirler, kaslara sinyaller göndererek kasların kasılmasını sağlar. Bu sinir-müsküler bağlantı, sinir uyarılarının kas liflerine iletilmesiyle gerçekleşir.

Motor Birim: Bir sinir lifi, bir motor birimi oluşturmak üzere birleştiği kas lifleriyle bağlantı kurar. Bir motor birimi, motor nöron ile ona bağlı kas liflerinden oluşur. Motor sinir hücresi, sinir uyarısını alır ve kas liflerine aktarır.

Motor sinir hücresi, kas liflerine sinir uyarısı gönderir. Sinir uyarısı, motor birimdeki nörotransmitterlerin salınmasıyla gerçekleşir. Nörotransmitterler, sinir-müsküler kavşakta (nöromüsküler kavşak) kas liflerine bağlanarak kasın kasılmasını tetikler. Sinirlerin gönderdiği sinir uyarıları, kas liflerinin kasılmasını sağlar. Kasılma, kas liflerindeki aktin ve miyozin filamentlerinin kaynaşması ve kayarak birbirine yaklaşmasıyla gerçekleşir..

nMiyelin, yüksek düzeyde doymuş, uzun zincirli yağ asitleri içerir ve glikosfingolipitler (toplam lipitlerin ~% 20 molar yüzdesi) ve kolesterol (toplam lipitlerin ~% 40 molar yüzdesi) bakımından zenginleştirilmiştir. Özellikle 24: 0 ve 24: 1 yağ asitleri olmak üzere uzun zincirli yağ asidi parçalarına sahip galaktosilseramid ve sülfatitler en tipik miyelin lipitleridir.[10]Miyelinin 1/4 oluşturan proteinler, çoğunlukla glikoprotein yapısındadır..[11]

2.5.Periferik Sinir Sistemi Özellikleri

A lifleri en hızlı iletilen en kalın miyelinli ve dolayısıyla en hızlı liflerdir.

B lifleri preganglionik otonomik efferent lifleri içerir.

C lifleri küçük çaplı miyelinsiz lifleri içerir.Ağrı sıcaklık duyusunda etkilidirler.

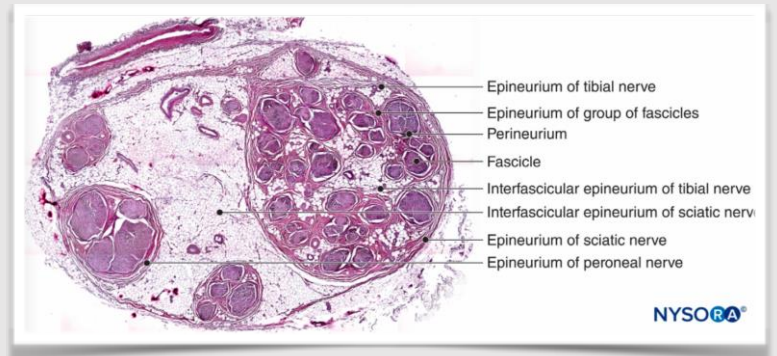
Lif Tipi	Myelin Durumu	Çap (uM)	iletim Hızı	Kaynağı
A	Çok	10-20	Hızlı	Kas içciği,Golgi tendon organı,Dokunma,Basınç
B	Orta	<3	Orta	Otonomik sinir sistemi
C	Yok	<1.3	Yavaş	Ağrı,Sıcaklık

Tablo:1:Periferik sinir lifi tipleri ve afferent organları

2.6.Periferik Sinirlerin Bağ Doku Kılıfları

Sinirler ve ana dalları paralel sinir lifi demetlerinden (fasiküller) oluşur. Fasiküllerin büyüklüğü, sayısı ve paterni sinirler arasında ve kökenlerinden farklı mesafelerde değişir. Periferik sinirin bağ dokusu çıkarıldığında, tipik olarak 20 veya daha fazla tübüler yapı veya fasikül görülür.

Şekil 5:Popliteal bölgede siyatik sinirin hemotoksilen-eosin boyama[13]



2.6.1.Endonöryum

Endonöryum, her bir sinir lifinin aksonunu saran en iç bağ doku tabakasıdır. Santral sinir sistemindeki pia mater tabakasının devamıdır[14]. Tip I kollajen sayesinde gerilmeye ve uzamaya karşı kuvvetli bir yapı haline gelir. Çevresi endonöral sıvı ile çevrilmiştir. Bu sayede basıncı dış ortam basınçlarına göre daha yüksektir. Bu fark sayesinde sinir zararlı maddeler uzak tutulur [15].

Bir sinir fasiküllere ayrılır. Sinir liflerini çevreleyen ve destekleyen fasiküllerin içinde, elastin içermeyen kollajenöz bir doku olan endonöryum bulunur. Endonöryum, kan-sinir bariyeri oluşturan sıkı bağlantılarla bağlantılı sürekli tip kılcal damarlar içerir.[110] Endonöral tüp içinde lenfatik kanal olmadığı için bu seviyede kompresyon veya gerilim yaralanmalarında lenfatik ödem ile sonuçlanan sinir disfonksiyonunu meydana getirir [12].

2.6.2.Perinöryum

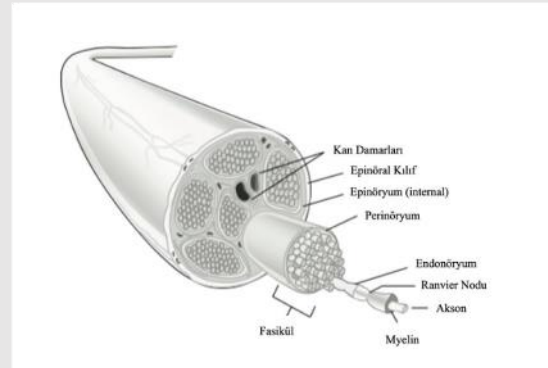
Bir sinirin esnekliği ve dayanıklılığı en çok perinöryum ile ilişkilidir. Perinöryum korunduğu sürece sinir gövdesinin elastikiyeti ve devamlılığı korunur.[17]. Perinöryumun kalınlığı bulunduğu anatomik alanlara göre farklılık gösterir

2.6.3.Epinöryum

Mezoderm kaynaklıdır. Lenf kanalları içerir [15]. Eklem bölgelerinde kalınlığı artış gösterir. Longitudinal ekskürsiyon gösterir(kendi yatağı boyunca kayma hareketi).

Şekil:6:Periferik sinir

yapısı[64]

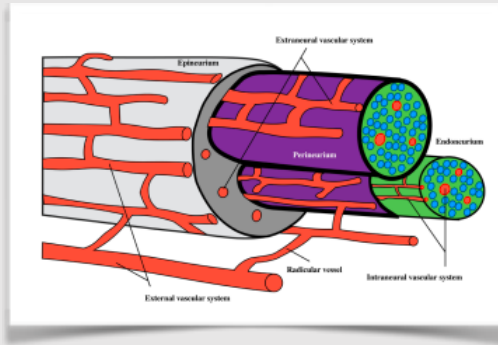


Periferik sinirler fasiküler yapılarına göre üç ana gruba ayrılırlar.

1. Monofasiküler sinir
2. Oligofasiküler sinir
3. Polifasiküler sinir

Distal periferik sinirlerin brüt anatomi tanımları aksonları (endonöryum), sinir fasiküllerini veya akson demetlerini (perinöryum) ve tek periferik sinirleri (epinöryum) kapsayan her bir bağ tabakasını doğru bir şekilde tanımlarken, bu bağ dokusunun birden fazla siniri bağladığı yerlerde daha karmaşık hale gelir. Bunun bir örneği popliteal fossadaki siyatik sinirdir. Paranöryum, paranöral kılıflar, ortak epinöral kılıf, konjonktiva nervorum veya adventitia gibi çeşitli terimler, aynı bağ dokusunu ifade etmek için birbirinin yerine kullanılır. Tek bir fasikül grubunun oluşturduğu küçük sinirler, az miktarda yağ dokusu ile birlikte her fasikülü içine alan bir perineüryum tabakasına sahiptir. Kollajen liflerden oluşan epineurium olarak bilinen bir bağ dokusu siniri içine alır.

Periferik sinirlerin enerji ihtiyacı, Ekstresek ve intrinsek olmak üzere iki sisteme ait bağlantıları olan bir vasküler sistem ile sağlanmaktadır[19].



Şekil;7: Periferik sinirin mikrosirkülasyon sistemi*Mizisin and Weerasuriya (2011)

Ekstresek sistem, sinirin adventisyal tabakasındaki Vasa nervorum olarak adlandırılan damarlardan oluşmaktadır.

Vasküler sistem, yaralanmadan sonra sinir rejenerasyonunu desteklemede de çok önemlidir[20].Intrinsik sistem ekstresek sistemden bağımsız olarak çalışır.Vasa nervorum'daki

interkapiller mesafeler daha büyük ve glial hücreler daha fazla olduğu için periferik sinirler kas dokusuna göre düşük oksijen koşullarına eğilimlidirler[21].

Ayrıca,ekstrinsik sistem fizyolojik koşullara karşı otoregülasyon yeteneğine sahiptir,oysa intrinsik dolaşım sistemik kan basıncındaki değişikliklere karşı otoregülasyon özelliği bulunmadığı için siniri iskemiye duyarlı hale getirir[22].

Epinöral damarlardan her fasiküle besleyici damarlar uzanırken farklı seviyelerde perinöral vasküler pleksus ile de anastomozlar yaparlar.Bu kompanzatuvar mekanizmalar siniri iskemiye karşı dayanıklı hale getirmektedir[23].Ayrıca sinir yaralanmasında Schwann hücre göçünü doğrudan destekler dolayısıyla akson büyümesinde rol alırlar[24].

2.7.Periferik Sinir Yaralanmaları

Periferik sinir yaralanmaları, sinirin uzuvlara bağlanmasını sağlayan periferik sinir sistemini etkileyen yaralanmaları ifade eder. Bu yaralanmaların birkaç farklı mekanizması olabilir.

Periferik sinir yaralanmalarının yaygın mekanizmaları:

1. Travma ve kesici yaralanmalar: Kesici aletler, delici nesneler, ezilme, çekme veya darbe gibi travmatik etkiler, periferik sinir yaralanmalarına neden olabilir. Bu tür yaralanmalarda sinir lifleri kesilebilir, ezilebilir veya zarar görebilir.
2. Uzama ve gerilme: Sinirin aşırı gerilmesi veya uzatılması, sinir liflerinin zarar görmesine neden olabilir. Bu durum genellikle travmatik bir etkiyle ilişkilidir ve sinirin gerilmesi veya çekilmesi sonucunda sinir lifleri zedelenebilir veya kopabilir.
3. Basınç yaralanmaları: Sinirlerin uzun süreli basınca maruz kalması, sinir liflerinin zedelenmesine yol açabilir. Basınç yaralanmaları, sıkışma, baskı veya uzun süreli baskıya maruz kalma sonucu ortaya çıkabilir.
4. İltihabi ve enfeksiyonel yaralanmalar: Bakteriyel veya viral enfeksiyonlar, sinir dokusuna zarar verebilir ve periferik sinir yaralanmasına neden olabilir. Ayrıca, iltihabi durumlar

(örneğin, sinirlerin etrafında inflamasyon) da sinir hasarına yol açabilir.

5. İlaç yan etkileri: Bazı ilaçlar, özellikle kemoterapi ilaçları, sinir hasarına neden olabilir. Bu ilaçlar, sinir liflerinde toksik etkiler yaratarak sinir hasarına yol açabilir. Ancak, her yaralanma durumu farklı olabilir ve spesifik bir mekanizma veya etiyolojiye sahip olabilir. Periferik sinir yaralanmaları durumunda, tanı ve tedavi için bir uzmana danışmanız önemlidir.

Periferik sinirler genellikle doğal olarak yavaş aksonal rejenerasyon (≥ 1 mm / gün) ve akson rejenerasyon kapasitesini azaltan uzun süreli denervasyon süreleri nedeniyle zayıf fonksiyonel iyileşme ile ilişkilidir[42]

1941 yılında Cohen tarafından sinir yaralanmaları sınıflaması 1947 yılında Seddon tarafından revise edilmiştir.

Periferik sinir içindeki tüm sinir lifleri aynı derecede zararlanmaya uğrayabileceği gibi, zararlanmanın şiddetine ya da tipine göre, aynı sinir içindeki farklı lifler farklı türde zararlanmaya da uğrayabilir.

Tablo.2: Periferik sinir yaralanmaları Seddon ve Sunderland sınıflandırmaları

Seddon Sınıflaması	Sunderland Sınıflaması	Patofizyoloji
Nöropraksi	Tip 1	Genellikle kompresyona bağlı lokal myelin hasarı walleryan dejenerasyon olmaz.
Aksonotmezis	Tip 2	Akson devamlılığı yok, endo-peri-epinörium intakt
Aksonotmezis	Tip 3	Akson ve endonörium devamlılığı yok, perinörium ve epinörium intakt
Aksonotmezis	Tip 4	Akson, endonörium ve perinörium devamlılığı yok epinörium intakt
Nörotmezis	Tip 5	Sinirin devamlılığında total kayıp

Nöropraksi

Noropraksi, sinir hasarı sonucunda sinirin geçici olarak işlevsiz hale gelmesini ifade eden bir terimdir. Noropraksi, sinirin kısmi veya tam bir kesilme olmaksızın, geçici olarak etkisiz hale gelmesi durumunda kullanılır. Sinirin iletim kapasitesi ve fonksiyonları bu durumda geçici olarak bozulabilir. Noropraksi genellikle sinir sıkışması, sinirin geçici olarak baskı altında kalması veya sinirin geçici olarak iltihaplanması gibi durumlarla ilişkilidir.

Noropraksi genellikle belirli bir süre boyunca devam eder ve sinirin normal işlevselliği zamanla geri kazanılır. İyileşme sürecinde sinirin kendini yenilemesi, iltihaplanmanın azalması veya sinirin baskı altında kalmamasıyla birlikte, sinir fonksiyonları genellikle normale döner. Noropraksi, sinir hasarı spektrumunun bir parçasıdır ve genellikle diğer sinir hasarı tipleri olan aksonotmezis veya nörotmezis gibi daha ciddi durumlarla karşılaştırıldığında daha iyimser bir prognoza sahiptir... Sinir distalinde wallerian dejenerasyonu olmaması ile diğerlerinden ayrılır,

Aksonotmezis

Sinir aksonunun kesilmesi veya hasar görmesiyle karakterizedir. Aksonotmezis, sinirin yapısal bütünlüğünün bozulduğu bir durumdur, ancak sinir kılıfı (endoneuryum), perinöryum ve epinöryum gibi sinirin diğer zarları genellikle korunmuştur. Bu nedenle, sinirin yeniden büyüme potansiyeli vardır. Aksonotmezis genellikle travmatik yaralanmalar sonucu ortaya çıkar. Yüksek enerjili darbe, kesici aletler, kırık kemiklerin sinire baskı yapması gibi etkenler sinirin aksonunu keserek veya zarar vererek aksonotmezise neden olabilir. Bunun yanı sıra traksiyon veya sıkışma gibi travmatik etkiler de aksonotmezise yol açabilir.

Aksonotmezis durumunda, sinir hasarının iyileşme potansiyeli vardır, ancak iyileşme süreci daha uzun sürebilir. Sinir aksonunun yeniden büyümesi gereklidir ve bu süreç, çevresel dokuların uygun ortamı sağlaması ve sinir büyüme faktörleri gibi biyolojik etkenlerin etkisiyle gerçekleşir. Aksonotmezis genellikle cerrahi bir müdahale gerektirir. Hasar gören sinir uçları yaklaştırılır ve sinirin doğru bir şekilde yeniden bağlanması veya sinir grefti kullanılması gerekebilir.

Rejenerasyon hastanın yaşına, mesafeye ve rejenerasyon kapasitesine bağı olarak değışir. Rejenerasyon günde 1-2 mm hızla ilerlemesine rağımen, iyileşme döneminde kaslarda denervasyon atrofi gelişebilir.

Nörotmezis

Sinirin tam kat kesilmesi veya ciddi hasar görmesiyle karakterizedir. Bu durumda, sinirin bütünlüğü kesintiye endonoryum dahil tüm katlar kesintiye uğrar ve sinir uçları birbirinden ayrılır. Nörotmezis durumunda, sinirin iyileşme potansiyeli doğıal olarak sınırlıdır ve iyileşme süreci daha zorlu olabilir. Sinirin yeniden büyümesi için bazen cerrahi bir müdahale gerekebilir. Sinir uçlarının doğıru bir şekilde birleştirilmesi veya sinir grefti kullanılması gerekebilir. Nörotmezis, sinir hasarının daha ciddi bir formu olduğı için tanı ve tedavi genellikle daha karmaşık ve özen gerektirir. Kesi distalinde denervasyon ve tüm fonksiyonlarda kayıp ortaya çıkar. Müdahale olmaz ise noroma riski vardır.

Sunderland sınıflandırması, sinir yaralanmalarını sınıflandırmak için kullanılan bir sistemdir. Bu sınıflandırmaya göre, sinir yaralanmaları Sunderland I-V derece arasında gruplandırılır. 1951 yılında tanımlanmıştır.

1.derece hasar:

Sunderland 1.derece hasar, en hafif sinir yaralanması seviyesini ifade eder. Sunderland 1.derece sinir hasarı, sinirin tam bütünlüğünü koruduğı ancak sinir liflerinde bazı mikroskobik lezyonlar veya bozulmalar olduğı durumu ifade eder. Bu hasar derecesinde, sinir liflerinde minimal derecede zedelenme vardır ve sinir lifleri büyük ölçüde işlevlerini sürdürebilir. Sunderland 1.derece sinir hasarı genellikle hafif bir travma veya basınç sonucu ortaya çıkar.

Noropraksinin seddon sınıflamasında eş değıeridir. Sadece myelin kılıf kaybı vardır. Noropraksideki gibi wallerien dejenerasyon olmaz. Örneğın, sinirin hafif bir gerilmesi veya sıkışması bu tür bir hasara neden olabilir. Sinir liflerindeki bozulma, elektriksel iletimde hafif bir geçici kesintiye veya yavaşlamaya yol açabilir, ancak sinir

fonksiyonları genellikle normal seviyede kalır.Sunderland 1.derece sinir hasarı genellikle tam bir iyileşme ve sinir fonksiyonlarının geri kazanılması ile sonuçlanır. Tedavi genellikle dinlenme, immobilizasyon veya sinirin korunmasını içerir. Sinirin yeniden büyümesi veya onarım gerektirmez.Segmental iletim bloğu söz konusudur.Endonörium her zaman korunmuştur. Emgde sinir iletim hızında yavaşlama ve ya iletim bloğu vardır.

2. derece hasar:

Sunderland 2.derece hasar, sinir yaralanmasının orta düzeyde bir hasar olduğunu ifade eder.Sunderland 2.derece sinir hasarı, sinirin kısmi bir bölümünde kesilme veya hasar olduğu durumu ifade eder. Bu hasar derecesinde, sinir liflerinde daha belirgin bir zedelenme ve zarar görmüş bölge bulunur. Sinir liflerinin bir kısmı koptuğu veya kesildiği için sinir iletiminde kesinti veya bozulma meydana gelebilir.Aksonotmezise eşdeğerdir.

Bozulmamış endonörium perinörium ve epinörium tabakası vardır. Sinir etrafındaki bağ dokusu sağlam olmakla birlikte, akson bütünlüğü kaybetmiştir ve distalde Wallerian dejenerasyon olacaktır.

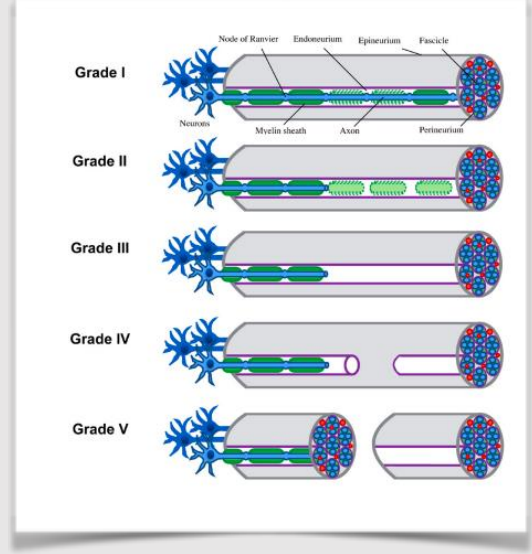
3. derece hasar:

Sunderland 3. derece sinir hasarı, sinirin tamamen kesildiği veya hasar gördüğü durumu ifade eder. Bu hasar derecesinde, sinir lifleri tamamen kesilmiştir ve sinir bütünlüğü bozulmuştur. Sinir uçları birbirinden ayrılmıştır ve doğal olarak sinir iletimi gerçekleşmez.Sunderland 3. derece sinir hasarı genellikle ciddi travmatik yaralanmalar sonucu ortaya çıkar. Kesici aletlerin veya yüksek enerjili darbelerin sinire ciddi zarar vermesi, sinirin tam kesilmesine veya ayrılmasına neden olabilir. Bu tür bir hasar durumunda, sinir fonksiyonları tamamen kaybolur.

Epinörium ve perinörium etkilenmemiştir, lakin Schwann kılıfı,endonörium etkilenmiş olup endonörial skar söz konusudur ve aksonun devamlılığı kaybolmuştur. En değişken iyileşme derecesine sahip yaralanmadır.Akson distalinde Wallerian dejenerasyon gözlenir. Endonörium ve Schwann hasarlı olması sebebiyle iyileşme tam beklenmez. Rejenerasyon sırasında işlevsiz bir

nöroma oluşu. Seddon ikinci farkı değişken iyileşme süresi ve motor fonksiyon yetersizliği ve duyularda oryantasyon bozukluğudur. Bu tip yaralanmalar Aksonotmezis ve nörotmezisin miks tipi olarak görülebilir.

Şekil:8:Sunderland sınıflaması[27]



4. derece hasar:

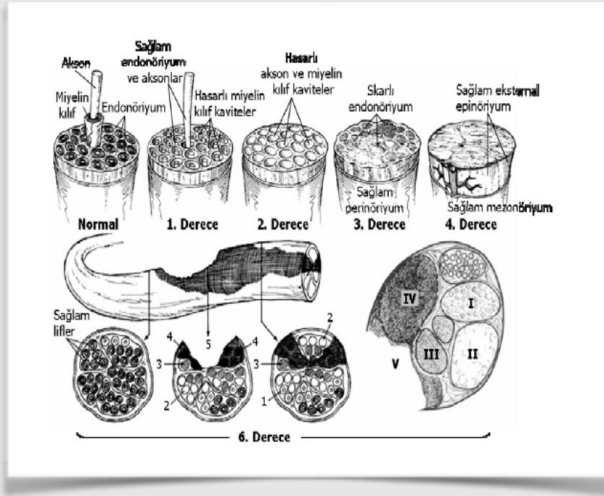
Sinir bütünlüğü büyük ölçüde kaybolmuştur.Sunderland 4. derece sinir hasarı genellikle ciddi travmatik yaralanmalar sonucu ortaya çıkar. Kesici aletlerin veya yüksek enerjili darbelerin sinire ciddi zarar vermesi, sinirin tama yakın kesilmesine veya ayrılmasına ve sinir kılıfının hasar görmesine neden olabilir.

Seddon'un aksonotmezisi içinde yer alır endonöryum ve perinöryum yaralanmış,bozulmamış epinöryum vardır.Sinir süreklilik içindedir, ancak yaralanma seviyesinde sinir boyunca tam bir skar vardır. Tatmin edici olmayan yenilenme söz konusudur ve nöroma riski yüksektir.Skar dokusunun yarattığı blok rejenerasyonu engeller Spontan iyileşme beklenmez Cerrahi müdahale gereklidir.

5. derece hasar:

Sunderland 5. derece sinir hasarı, sinirin tamamen kesilmesi veya ayrılmasının yanı sıra epinöryumun da hasar görmesiyle karakterizedir. Sinir lifleri tamamen kesilmiştir, sinir uçları ayrılmıştır ve sinir kılıfı da hasar görmüştür. Bu durumda,

Seddon'un nörotmesisi ile aynı tüm katmanları içeren tamamen kopmuş veya kesilmiş sinir onarım olmadan rejenerasyon cerrahi müdahale olmadan mümkün değildir Endonörium her zaman bozulmuştur. Genellikle penetran yaralanma sonrasında görülür.Emg de fibrilasyonlar ve pozitif keskin dalgalar mevcuttur.



Şekil:9 Periferik sinir yaralanmalarının sınıflandırılması [26]

Sunderland 2-4. derece aksonotmesis olarak değerlendirilir. Nöropraksiden daha ciddi tutulum ile beraber bozulmuş akson ve meylin kılıf yapısı söz konusudur. Wallerian dejenerasyon mevcut olup iletim bloğu mevcuttur. Emg de fibrilasyonlar ve pozitif keskin dalgalar mevcuttur.

1990 yılında Sunderland ve arkadaşları erken onarımların geç onarımlara göre, direkt onarımın grefti ile onarıma göre, gençlerin yaşlılara göre, distal onarımların proksimal onarımlara göre, kısa sinir greftlerinin uzun sinir greftlerine göre, tek fonksiyonlu sinir tamirlerinin mikst tip onarımlara göre daha iyi sonuçları olduğunu göstermişlerdir. Bu prensipler günümüzde de halen geçerliliğini korumaktadır[29].

2.8.Periferik Sinir Hasarı Sonrası Rejenerasyon

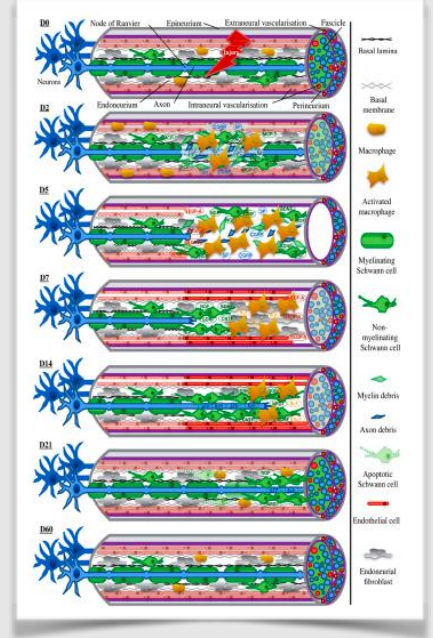
Periferik sinir hasarı sonrası morfolojik değişiklikler ve rejenerasyon süreci, sinirin iyileşme sürecini anlamak için önemlidir. Periferik sinir hasarı sonrası morfolojik değişiklikler ve rejenerasyon:

1. Aksonal dejenerasyon: Sinir hasarı sonrasında aksonal dejenerasyon meydana gelir. Hasarlı bölgedeki aksonlar retrograd olarak geriye doğru yıkıma uğrar. Bu süreçte, akson segmentleri parçalanır ve proximal kısımda bir walleriyen dejenrasyon oluşur. Hasarlı bölgedeki aksonlar ve miyelin kılıfları da parçalanır.
2. Miyelin kaybı: Periferik sinir hasarı, miyelin kılıfının kaybına neden olur. Miyelin kılıf, sinir iletiminin hızını artıran ve aksonu koruyan bir izolasyon tabakasıdır. Hasarlı bölgede miyelin kaybı gerçekleşir ve bu, iletişimin bozulmasına ve sinir iletiminin yavaşlamasına yol açar.
3. Makrofajlar ve enflamatuar hücrelerin göçü: Sinir hasarı sonrası, makrofajlar ve diğer enflamatuar hücreler hasar bölgesine göç eder. Bu hücreler, hasarlı dokuyu temizlemek, yabancı maddeleri ortadan kaldırmak ve rejenerasyon sürecini başlatmak için önemli bir rol oynar.
4. Schwann hücre proliferasyonu: Schwann hücreleri, periferik sinirlerde bulunan destek hücreleridir. Sinir hasarı sonrasında Schwann hücreleri çoğalır ve hasar bölgesinde bir hücre tabakası oluşturur. Bu hücreler, rejenerasyon sürecinde büyüme faktörleri üretir ve aksonların yeniden büyümesini teşvik eder.
5. Yeniden büyüme ve rejenerasyon: Periferik sinirlerdeki rejenerasyon süreci, hasarlı bölgenin iyileşme kabiliyeti ile ilgilidir. Schwann hücrelerinin ürettiği büyüme faktörleri, aksonların yeniden büyümesini teşvik eder. Hasarlı bölgedeki aksonlar, yeni miyelin kılıfları ile sarılarak yeniden iletişim kurmaya başlar. Bu rejenerasyon süreci zaman alabilir ve sinir iletimi normale döndüğünde iyileşme gerçekleşir.

Sinir hücresinde meydana gelen değişimler yalnızca hasar bölgesinde olmaz, gövdesinde, hasar bölgesinin proksimal ve distalinde, sinir nöromusküler kavşak veya duyu reseptörlerinde de meydana gelmektedir[30].

Aksonal hasar sonrasında ortaya çıkan değişimler kromatolizis olarak adlandırılmaktadır. Bu süreçte karakteristik olarak hücre hacminin artması, hücre çekirdeğinin periferik itilmesi ve sitoplazmada Nissl Granülleri materyalin dağılması ve hücrenin görece eozonofilik karakter kazanmasıdır. Bu süreç RNA hücre içi kontrasyonun arttığına yani dolaylı olarak protein sentezinin arttığına göstergesidir. Wallerian dejenerasyonu, akson dejenerasyonunun benzersiz ve yapılandırılmış bir şeklidir[35] Wallerian dejenerasyon distale doğru ilerler

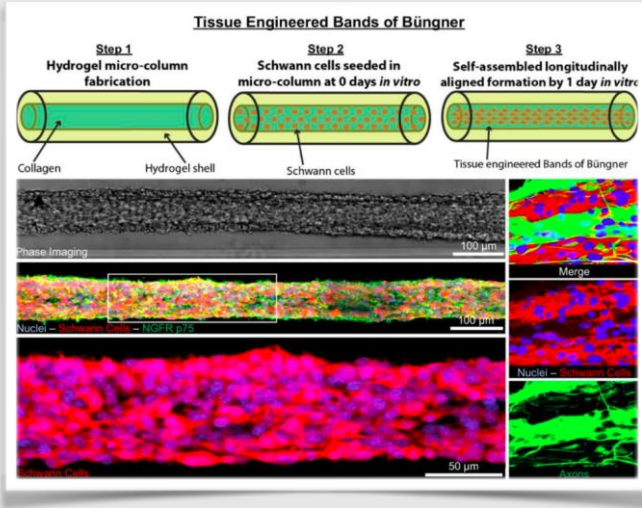
Şekil:10: Wallerian dejenerasyonunun şematik gösterimi ve sinir rejenerasyonu[37]



Akson integrasyonunda bozulma hem humoral hem de hücrel immunitiyi içerir.[33].Hasar sonrasında 24- 48 saat içerisinde distal parçada dejenerasyon başlar. Wallerian dejenerasyon başlaması 3-4 gün sonra başlar [32].

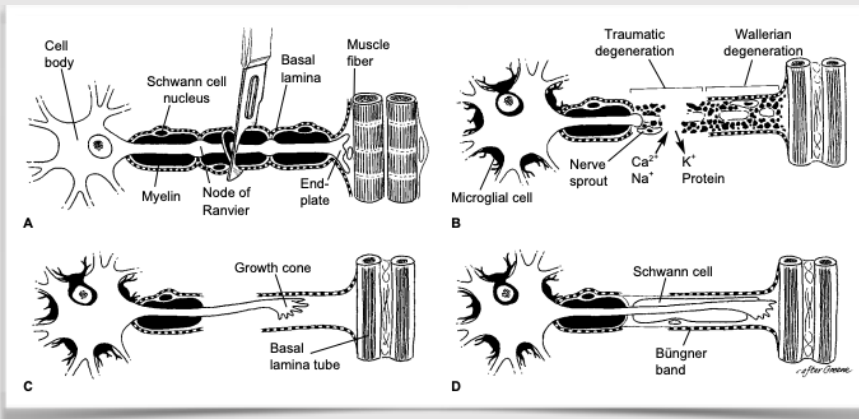
Wallerian dejenerasyonunun ilk aşamalarında aksonal ve miyelin kalıntıları üretilir. Yerleşik sinir dokusundaki makrofajlar daha sonra hücrel kalıntıları fagositoz edebilen aktive makrofajlara farklılaşır[37].

Ayrıca, siyatik sinirde ezilme sonraki ilk saatlerde, omurilik dokusunun analizi antioksidan proteinler glutatyon redüktaz ve heme oksijenaz artması haberci rna'ların (Nrf2) olduğu gösterilmiştir[38].



Şekil:11:Bünger Bantları Elektron Mikroskopisi[41]

Schwann hücreleri, distal sinir segmentlerinde ve otogreftlerde (şu anda klinik olarak mevcut en güvenilir köprüleme stratejisi) kolayca meydana gelen **Bünger bantları** adı verilen hizalanmış tübüler kılavuz yapılar oluşturarak akson yeniden büyümesini yönlendirmede kilit bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, konakçı Schwann hücreleri genellikle büyük boşluklu aselüler iskelelere sızamaz, bu da belirgin şekilde daha düşük sonuçlara yol açar ve Schwann hücrelerinin doğal rejeneratif kabiliyetinden tam olarak yararlanabilecek yeni nesil köprüleme stratejilerinin geliştirilmesini motive eder.[41]Bu konuda yumuşak doku mühendisliğinin ilgi alanlarından birini oluşturmaktadır.



Şekil:12:Periferik Sinir Yaralanması, Dejenerasyon ve Rejenerasyon[32]

Aksonlar sinir dokusuna doğru büyümeyi tercih eder.[45]. Yenilenen sinir kısımları, başlangıçta miyelinsizdir, zamanla miyelinize olurlar [30].

2.9.Periferik Sinir Cerrahisi

2.9.1.Tarihçe

Antik Çağ: Sinir yaralanmalarının tedavisiyle ilgili bilgiler, antik dönemlere kadar uzanır. Antik Mısır ve Hindistan gibi uygarlıklarda, sinir yaralanmalarının tedavisinde bitkisel ilaçlar, masaj ve yoga gibi yöntemler kullanılıyordu. Antik Yunan döneminde, Hipokrat ve Galen gibi ünlü hekimler sinir sistemi hakkında önemli gözlemler ve teoriler sunmuşlardır. Galen periferik sinir hasarı sonrası sensoriyel ve motor kayıp olduğunu ilk bildiren kişidir.[46]

Ortaçağ ve Rönesans Dönemi: Ortaçağ döneminde, tıbbi bilginin yayılması sınırlıydı ve sinir yaralanmalarının tedavisi sınırlıydı. Ancak Rönesans dönemiyle birlikte anatomi ve cerrahi alanlarında büyük ilerlemeler kaydedildi. Andreas Vesalius ve Ambroise Paré gibi bilim insanları, sinir sistemi hakkında daha ayrıntılı bilgiler sunarak sinir cerrahisine katkıda bulundular.

Sinir tamiri ile ilgili ilk kayıtlar ise 13.yy'a William'a uzanmaktadır.[47]. Sinir uçlarının karşılıklı olarak onarımı ilk kez Ferrara (1608) tarafından gerçekleştirilmiştir [27].

19. yüzyıl, periferik sinir cerrahisinde önemli bir dönüm noktası oldu. Charles Bell, Bell felci olarak da bilinen yüz sinir felcini tanımladı ve sinir anatomisine dair kapsamlı çalışmalar yaptı. Guillaume Dupuytren, periferik sinir yaralanmalarının tedavisi için cerrahi yöntemler geliştirdi ve sinir onarımında dikiş tekniğini kullanmaya başladı.

20. yüzyılda, periferik sinir cerrahisi daha da gelişti. Sinir onarımında mikrocerrahi tekniklerin kullanımı arttı. Sir Sydney Sunderland, sinir yaralanmalarını sınıflandırmak için Sunderland sınıflandırmasını geliştirdi. Bu sınıflandırma, sinir yaralanmalarının tedavi planlamasında rehberlik etmektedir.

Günümüz: Günümüzde, periferik sinir cerrahisi hala aktif bir alan olarak kabul edilmektedir. Teknolojik ilerlemeler, mikrocerrahi tekniklerin ve sinir onarımı yöntemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. Sinir hasarı ve sinir hastalıklarının tedavisindeki yenilikler, hasta sonuçlarını iyileştirmek ve sinir fonksiyonlarını geri kazandırmak için önemli bir rol oynamaktadır.

2.9.2.Onarım Teknikleri

Periferik sinir yaralanmaları (PNI) bir dereceye kadar rejenerasyon yeteneğine sahip olsa da, en iyi mikrocerrahi tekniği uygulandığında bile zayıf iyileşme görülür.[50]

Hasar görmüş bir sinirde onarımın amacı, fonksiyonel ileti birimi olan fasiküllerde devamlılığın sağlanması için bu birimin cerrahi olarak uygun konumlarda karşılıklı uç uca getirilmesidir, yani sinir uçlarının 'koaptasyonu'dur[49].

Tamir için en uygun dönem hasardan sonraki mümkün olan en erken dönemdir. Gerilme veya kontüzyonların bir sonucu olarak kısmi yaralanmalar (yaralanmaların% 15'i) genellikle ikincil tamir ile yönetilir[51].Komplike yaralanmalarda tamir yöntemi eksplorasyon sırasında karşılaşılan duruma göre karar verilir.Eğer epinöryum gerilim olmadan düzgün sınırlı olarak onarılabilecek ise birincil tamir yeterli iken bu koşullar sağlanamayacak ise(uçlar düzensiz/ gerilim mevcut) ikincil tamir yani greft ile tamir söz konusu olacaktır[52].

Onarım biçimleri epinöral onarım, fasiküler onarım ve sinir grefti ile onarımdan oluşmaktadır. Sinir onarımı için başlıca gereklilikler şunlardır; temiz bir yara, iyi bir vaskülarite, ezilme (crush) komponentin olmaması, yeterli yumuşak doku örtünmesinin sağlanması, iskelet stabilitesi, tamir bölgesinde minimal tansiyon olması olarak sıralanabilir[32].

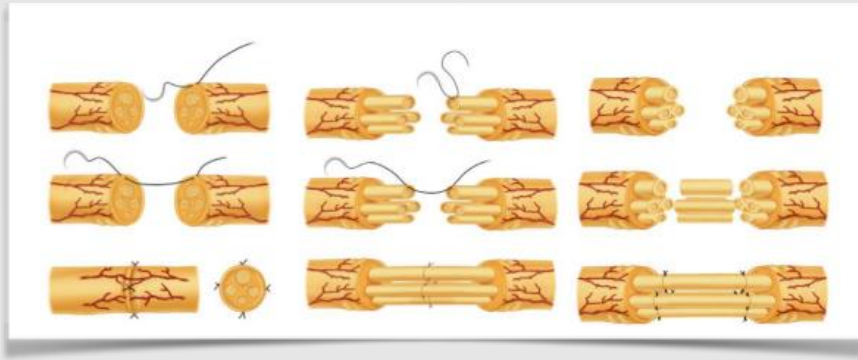
En çok tercih edilen uç uca birincil tamir dört ana basamak vardır.

1.Hazırlık:Sinir uçları görülebilecek şekilde ortaya konması için nekrotik dokuların temizlenmesi

2.Yaklaştırma(Approximation): Intrafasiküler diseksiyondan kaçınılarak en az gerilim olacak şekilde sinir uçlarının serbestleştirilmesi ve en az boşluk kalacak şekilde bir araya getirilmesi

3.Hizalama(Alignment):Sinirin rotasyonun ayarlanması

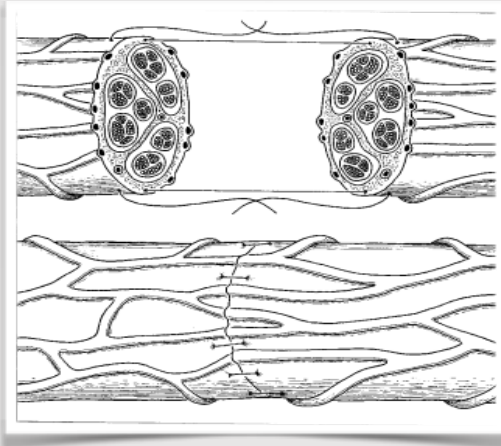
4.Tamir - Epinöryuma emilmeyen tercihen 8-0 veya 9-0 dikişler konur.Sinir uçlarının malrotasyonu bu dikişler ile sağlanır[53].



Şekil:13:Sinir Tamir Çeşitleri. Sırası ile Epinöral Tamir, Fasiküler Tamir ve Sinir Grefti ile Tamir[54]

Epinöral dikişler ile yapılan direkt sinir tamiri, şiddetli aksonotmesis ve nörotmesis hasarları için altın standarttır.[29].

Epinöral Onarım:Hasar almış sinirleri dikmek için geleneksel tekniktir.Daniel ve Terzis bu tekniğin birkaç avantajını uygulama süresi, minimum uzatma, teknik kolaylık, intranöranal içeriği işgal etmemesi,ikincil sinir onarımlarına imkan vermesi olarak tanımlamış.Sinir dokusu kaybına rağmen doğal retraksiyon,fasiküllerin doğru hizalanmasından ödün vermek, onarılan sinirin yapısal bütünlüğünü sağlamaktaki zorluk için birçok suture duyulan ihtiyaç en önemli dezavantajlar arasında yer alıyor[56]. Sinirin uzun eksenine dik kenarları ilk tespit edilir.Maksimum koaptasyonu garanti etmek için 180 derecelik çift sutur teknik kullanılır

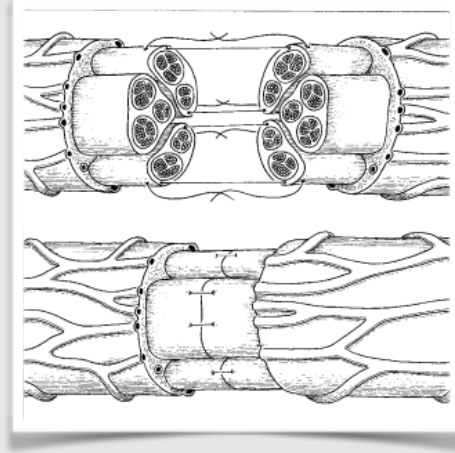


Şekil:14:Epinöral Onarım[62]

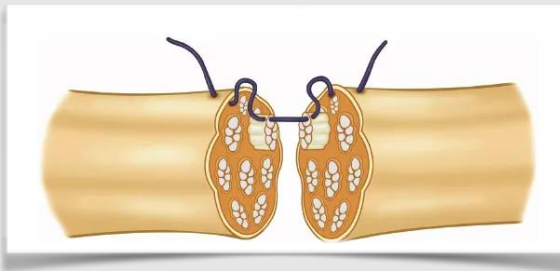
Perinöral (Fasiküler) Onarım:Uygun eşleşmeyi sağlayabilmek için proksimal ve distal uçlardaki eş fasiküllerin uç uca getirilmesi amaçlanır.Her fasikülün uygun diziliminin sağlanması için 2 ve ya 4 adet dikiş yeterli olmaktadır.

Duyusal liflerin uygun olmayan fasiküler tamirine bağlı meydana gelecek fonksiyonel kayıplar kortikal yeniden düzenleme ile önlenabilmektedir. Lakin motor sinirlerin duysal sinirlere tamiri durumunda fonksiyonel kayıp kaçınılmazdır.

Şekil:15:Perinöral (Fasiküler) Onarım[62]



Bu tekniğinin en dikkat çeken dezavantajı, intranöral dikiş materyalinin meydana getirdiği yabancı cisim reaksiyonu ve ek diseksiyon sonucu intranöral fibrozis riskidir. Ek olarak bu yöntem cerrahi süresini uzatmaktadır.Uzun dönem sonuçlarında epinöral ve perinöral yöntemin birbirine üstünlüğü bulunmamaktadır[58].



Şekil:16:Epiperinöral Onarım[58]

Fibrin Yapıştırıcı ile Onarım:180 derece teknik iki suture konulduktan sonra fibrin yapıştırıcı kullanılmasının daha uygun olduğunu göstermektedir [60].Jessica R. Childe ve ark.yaptığı kadavra çalışmasında eşit epinöral suture varlığında fibrin yapıştırıcının tensil kuvveti karşı daha dayanıklı olduğunu saptamışlardır[61].

Kollojen Tubul ile Onarım : Bir kollajen kanalının kullanımı, tüpün içindeki sinir boşluğu 6 mm veya daha az olduğunda, onarımdan 24 ay sonra doğrudan suture eşdeğer olan duysal ve motor fonksiyonların iyileşmesini sağladığını ve kollajen kanalının ön koldaki sinir yırtılmaları için güvenli olduğu gösteren bir çok çalışma vardır.[36]

Emilebilir poli[(R)-3-hidroksibutirat] (PHB)ile tamir:Daha önce deneysel olarak test edilmiş malzemelerden biridir., PHB veya mikrocerrahi epinöral uçtan uca sütürleme kullanılarak tedavi edildiği bir randomize çift kör çalışmada fonksiyonel, duysal ve motor iyileşmenin değerlendirilmesini içeren bir dizi test kullanılarak ulaşılan sonuçta PHB mikrocerrahi epinöral dikiş için güvenli bir alternatif olarak kabul edilebilir.[39]

2.10.Periferik Sinir Cerrahisi Sonrası Rehabilitasyon

Operasyon öncesi amaç sinir uyarımından yoksun ekstremitenin hareket açıklığını işlevsel hale geri döneceği zamana kadar korumaktır.Kontraktür ve deformite gelişmemesi için splint kullanılması önerilir.Hareket açıklığı koruyucu egzersizler aksonal rejenerasyonu beklerken perfüzyonun lenfatik drenajın sağlanması ve tendon yapışıklıklarının önlenmesi için önerilmelidir.Ekstremite kas fibrozisini arttırdığı için sıcak tutulmalı ve soğuğa karşı korunmalıdır.Bandaj venöz konjesyon ve ödemden korunması için önerilmelidir.

Ekstremitenin reinnervasyonu sırasında,devam eden motor ve duysal rehabilitasyon kritik öneme sahiptir. Havuz terapisi ilk motor iyileşmesi sırasında kas gücünü arttırarak yerçekimine etkilerini ortadan kaldırmak için yararlı olabilir.

Biofeedback motor eğitimi kolaylaştırmak için duysal girdi sağlayabilir Erken evre duysal yeniden eğitim, yanlış lokalizasyonu ve aşırı duyarlılığı azaltır.Basınç ve titreşim gibi dokunsal alt modelleri yeniden düzenler.[63]

2.11.Elektrofizyolojik Değerlendirmeler

Elektrofizyolojik değerlendirmeler, sinir kökü lezyonları , kas patolojileri periferik sinir lezyonları(Periferik Sinir Yaralanmaları,Tuzak Nörapatisi) nöromüsküler kavşak hastalıklarının tanısı, ayırıcı tanısı ile cerrahi girişimlerin yönlendirilmesi ,takibi ve cerrahi etkinliğin değerlendirilmesinde bizlere önemli yol gösterir. Elektromiyografi ile, sinir hasarının lokalizasyonu, hangi kasların etkilendiği,şiddeti ve zaman içindeki değişimi konusunda bizlere sayısal veriler sunar.Elde ettiğimiz bu bilgiler ile klinik takipte bize karşılaştırma sağlar.

2.11.1 Emg Tarihçesi

Elektromiyografinin temelleri, 18. ve 19. yüzyıllarda yapılan deneysel çalışmalara dayanır. İtalyan fizikçi Luigi Galvani, 18. yüzyılda hayvan kasları üzerinde elektrik uyarımı deneyleri gerçekleştirdi. Bu deneylerde, hayvan kaslarına elektrik akımı uygulandığında kasların kasılması gözlemlendi. Bu çalışmalar, kasların elektriksel aktivitesi ile ilgili erken bilgilerin temelini oluşturdu.

Elektromiyografinin gelişimi, 20. yüzyılın başlarına kadar sürdü. 1929'da Edgar ve Matthews, sinirlerden kaynaklanan elektriksel aktivitenin ölçümü için ilk elektromiyografi cihazını geliştirdiler. Bu çalışmalar, sinir uyarıları ve kasların elektriksel aktivitesi arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamamızı sağladı.

Elektromiyografi, 1960'lı yıllardan itibaren teknolojik ilerlemelerle birlikte daha da gelişti. Elektromiyografi cihazları daha hassas hale geldi ve veri analizi yöntemleri geliştirildi. Bu dönemde, EMG'nin klinik uygulamaları arttı ve sinir ve kas hastalıklarının tanısında ve takibinde önemli bir araç haline geldi.

Son yıllarda mikroelektronik teknolojilerin gelişimi, EMG'nin daha taşınabilir ve kullanıcı dostu hale gelmesine katkıda bulunmuştur. Küçük boyutlu ve kablosuz EMG cihazları, hastaların günlük aktiviteleri sırasında veya evde kullanım için daha kolay bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca, bilgisayar tabanlı analiz yöntemleri ve yazılımlar, EMG verilerinin daha etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Günümüzde EMG, sinir ve kas hastalıklarının teşhisinde ve takibinde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Sinir iletim hızının ölçümü, kas zayıflığı veya felç nedenini belirleme, sinir sıkışmalarının teşhisi ve sinir hasarının izlenmesi gibi birçok klinik uygulamada kullanılmaktadır. EMG'nin gelişimi, sinir ve kas hastalıklarının anlaşılmasını ve tedavi edilmesini desteklemiştir. Yenilikler ve teknolojik ilerlemeler, EMG'nin daha hassas, kullanımı kolay ve hasta dostu hale gelmesini sağlamıştır. Bu da daha doğru tanımlar, daha iyi tedavi seçenekleri ve hastaların yaşam kalitesini artırmak için daha etkili bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır.

2.11.2 Sinir İletim Yöntemleri

1. **Sinir İletim Hızı (Nerve Conduction Velocity, NCV):** Bu test, bir sinirin iletim hızını değerlendirmek için kullanılır. Elektrotlar, sinir üzerinde belirli noktalara yerleştirilir ve sinirin uyarıya tepkisini kaydeder. Elektriksel uyarı, sinir boyunca yayılır ve bu süre ölçülerek sinir iletim hızı hesaplanır. NCV testi, sinir hasarı veya sinir sıkışması gibi durumları teşhis etmek ve sinir hastalıklarının ilerlemesini izlemek için kullanılır.
2. **Elektromiyografi (Electromyography, EMG):** EMG, kasların elektriksel aktivitesini değerlendirmek için kullanılan bir testtir. İnce bir iğne elektrodu, kaslara yerleştirilir ve kas aktivitesi sırasında meydana gelen elektriksel sinyaller kaydedilir. EMG, kas zayıflığı, felç veya sinir hasarı gibi durumların teşhisinde ve izlenmesinde önemli bir araçtır.
3. **Uyarılmış Potansiyel Testi (Evoked Potentials):** Uyarılmış potansiyel testi, sinir sisteminin belirli bölgelerinin fonksiyonunu değerlendirmek için kullanılır. Bu testler arasında. Bu testler, sinir iletiminin belirli bölgelerindeki gecikmeleri veya bozulmaları tespit etmek için kullanılır.
4. **Sinir Stimülasyonu Testleri:** Sinir stimülasyonu testleri, sinirlerin uyarılabilirliğini ve tepkisini değerlendirmek için kullanılır. Bu testlerde, sinirler elektriksel olarak uyarılır ve

kaslardaki tepki kaydedilir. Sinir stimölasyonu testleri, sinir hasarı, sinir sıkışması veya kas hastalıklarının teşhisi ve takibi için kullanılır.

Periferik sinirler, çaplarına veya miyelin kılıfının miktarına göre farklı tiplere ayrılır.

A-tipi Sinir Lifleri: A-tipi sinir lifleri, genellikle büyük çapa ve yoğun miyelin kılıfına sahip olan sinir lifleridir. Bu lifler hızlı iletim sağlar ve iki alt tipi vardır:

- a. Aalfa ($A\alpha$) Lifleri: Aalfa lifleri, kaslardan gelen motor sinyalleri taşır. Büyük çapları ve yoğun miyelin kılıfları sayesinde hızlı iletim sağlarlar. Örneğin, el veya kol gibi hızlı ve kesin hareketler için kullanılan motor kontrolü sağlayabilirler.
- b. Abeta ($A\beta$) Lifleri: Abeta lifleri, deriden gelen dokunma, basınç ve titreşim gibi duysal sinyalleri taşır. Ayrıca proprioception (vücut pozisyonunu algılama) gibi bilinç dışı duysal bilgilerin iletiminde de rol oynarlar. Abeta lifleri de büyük çapları ve yoğun miyelin kılıfları nedeniyle hızlı iletim sağlarlar.

B-tipi Sinir Lifleri: B-tipi sinir lifleri, daha küçük çaplara ve daha az miyelin kılıfına sahip olan sinir lifleridir. Bu lifler daha yavaş iletim hızlarına sahiptir. Örneğin, sempatik ve parasempatik sinirler gibi otonom sinir sistemi liflerinde sıklıkla bulunurlar.

Ayrıca, daha küçük çaplara ve daha az miyelin kılıfına sahip olan C-tipi sinir lifleri de bulunur. C-tipi sinir lifleri, ağrı, sıcaklık ve dokunma gibi yavaş iletilen duysal sinyalleri taşır. Ayrıca otonom sinir sistemi tarafından taşınan bazı lifler de C-tipi sinir liflerine dahildir.

Geniş çaplı lifer motor sinirler ile dokunma ve pozisyon duyusunu taşıyan duysal sinirlerden oluşur.

Delta ve C lifleri ise ağrı sıcaklık duyusunu taşırlar.

.

İletim hızı çap genişledikçe artmaktadır. Abeta üzerindeki elektriksel impuls 60-120

m/s iken bu hız C liflerinde 0.5-1 m/s olabilmektedir.Rutin EMG de daha hızlı olan Abeta lifleri değerlendirilir. Küçük çaplı liflerin elektriksel özelliklerini için mikronörografi gibi özel yöntemler ile değerlendirilebilir.

Periferik sinir elektriksel olarak uyarıldığında ,Ranvier boğumlarında bulunan Sodyum kanallarından aksona Sodyum geçişi sonrası membranda depolarizasyon meydana gelir. Potansiyel akım Ranvier boğumlarından sıçrayıcı bir iletimle sinirin proksimaline ve distaline doğru iki yönlü olarak ilerler.Bu potansiyel akımın başka bir noktadan kayıt altına alınması ile sinir iletim çalışmalarının temelini oluşturur.

Sinir rejenarasyonu sırasında işlevsel düzelme sırasıyla; Sempatik Aktivite, Ağrı , Sıcaklık,Dokunma, Propriyosepsiyon,Motor Hareket şeklindedir.

Tam sinir lezyonlarından sonra fonksiyonun geri kazanılması, aksonların yeniden büyümesinde, hedef dokunun spesifik yeniden inervasyonunda ve rejenere sinir liflerinin ve reinnerve kasın liflerinin olgunlaşmasına bağlıdır.[12]

2.11.3 Elektrofizyolojik Değerlendirmelerde Yöntem

1. Ortodromik Uyarı: Ortodromik uyarı, sinir lifinin normal iletim yönüne doğru gerçekleşen bir uyarıdır. Yani, sinir impulsu normal olarak sinir hücresinden başlayarak sinir uçlarına doğru iletilir. Bu durumda, impuls sinir hücresinin hücre gövdesinden uzanan akson boyunca hareket eder.
2. Antidromik Uyarı: Antidromik uyarı, sinir lifinin normal iletim yönünün tersine doğru gerçekleşen bir uyarıdır. Yani, impuls normal olarak sinir uçlarından başlayarak sinir hücresine doğru iletilir. Bu durumda, impuls sinirin uç kısmından başlayarak hücre gövdesine doğru geri yönlendirilir.

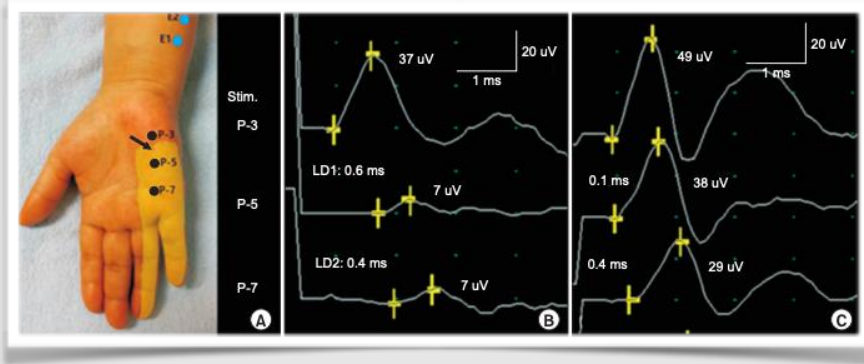
Ortodromik ve antidromik uyarılar, elektrofizyolojik çalışmalarda kullanılır ve sinir iletiminin araştırılmasında önemli bir rol oynar. Örneğin, bir sinirin iletim hızını değerlendirmek için, ortodromik uyarı kullanılır. Elektrodlar, sinir üzerinde belirli noktalara yerleştirilir ve sinir uyarısı sinirin bir ucundan diğer ucuna doğru iletilir. Bu iletim süresi ölçülerek sinir iletim hızı hesaplanır.

Antidromik uyarı ise genellikle sinirin uyarılabilirliğini ve sinir-müsküler bileşimlerin incelenmesini sağlar. Antidromik uyarıda, elektrodlar sinirin distal kısmına yerleştirilir ve sinir uyarısı sinirin distal kısmından başlayarak sinir hücresine geri yönlendirilir. Bu şekilde, sinirin tepki verme yeteneği ve sinir-müsküler iletimi hakkında bilgi elde edilebilir.

Ortodromik ve antidromik uyarılar, sinir iletiminin farklı yönlerini ve özelliklerini incelemek için kullanılan önemli araçlardır. Bu yöntemler, sinir hasarının değerlendirilmesi, sinir iletim hızının ölçülmesi ve sinir-müsküler iletimin incelenmesi gibi birçok klinik ve araştırma alanında kullanılır.

Her iki durumda da kayıt altına alınan elektriksel aktiviteye duysal aksiyon potansiyeli denir(DAP).Elde edilen DAP'ın elektriksel genlik(amplitüd),Latens ve süresi hesaplanır.

DAP genliği duysal sinirin toplam akson sayısı hakkında bilgi verir.Üst ekstremité için 10 mikrovolt altındaki değerler aksonal hasarı gösterir.Eğer sadece myelin hasarı söz konusu ise (nöropraksi,Seddon Evre 1) iletim hızında azalma ve fokal iletim blokları oluşacaktır.Üst ekstremité duysal sinir için iletim hızı 42 m/s altında ise anormal kabul edilir.



Şekil:17:Distal önkol kaydı ile ortodromik ulnar duyuşal kayıt testi bölgeler: 3 cm, 5 cm ve 7 cm pisiforma sırasıyla P3, P5 ve P-7. Açık sarı alan dokunmak ve iğnelemek için hipoesteziyi temsil eder ve ok pozitif bir Tinel işaretini gösteriyor.Sağda anormal iletim gecikmesi[62]

BKAP :Birleşik kas aksiyon potansiyeli, kas gruplarındaki kas liflerinin sinir uyarılarına tepkisini yansıtan bir elektromiyografik (EMG) ölçümüdür. EMG, kasların elektriksel aktivitesini kaydeden bir tekniktir. Birleşik kas aksiyon potansiyeli, aynı kas grubundaki kas liflerinin aynı anda uyarıldığını ve kasıldığını gösterir.

DSAP :Periferik sinir sistemindeki duyu sinirlerinin bütünlüğünü ve işlevini değerlendirmek için kullanılır. Bir EMG incelemesi sırasında, bir stimülasyona yanıt olarak duyu sinirleri tarafından üretilen elektriksel aktiviteyi kaydetmek için cilde elektrotlar yerleştirilir. Stimülasyon tipik olarak belirli bir sinir veya sinir yolunun üzerindeki deriye uygulanır. Ortaya çıkan elektriksel tepki, Duyusal Sinir Aksiyon Potansiyeli (DSAP) olarak adlandırılır.

BKAP ve DSAP genlikleri ise iletme katılan akson sayısı ile ilgili bilgi vermektedir.

2.11.4 İğne EMG İncelemeleri

İğne EMG (Elektromiyografi) incelemeleri, kasların elektriksel aktivitesini değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu inceleme, ince iğne elektrotlarının kaslara yerleştirilmesi ve kas aktivitesi sırasında meydana gelen elektriksel sinyallerin kaydedilmesiyle gerçekleştirilir. İşte iğne EMG incelemelerinin temel çalışma prensipleri:

1. Elektrot Yerleştirme: İnce iğne elektrotlar, kaslara yerleştirilir. Bu elektrotlar, kas içindeki elektriksel aktiviteyi doğrudan ölçmek için kullanılır. İnce iğne elektrotlar, genellikle sterilize edilmiş, tek kullanımlık ve çok ince uçlara sahip iğnelerdir. Elektrotlar, incelenmek istenen kasların belirli bölgelerine veya kas liflerinin içine yerleştirilir.
2. Sinyal Kaydı: Elektrotlar yerleştirildikten sonra, kas hareketi sırasında oluşan elektriksel sinyaller kaydedilir. Kasın kasılması veya gevşemesiyle birlikte, kas liflerinden gelen elektriksel uyarılar algılanır ve kaydedilir. İğne EMG, kasın içindeki bir veya birkaç motor birimden (motor sinir hücresi ve ona bağlı kas lifleri) kaynaklanan elektriksel aktiviteyi ölçer.
3. Sinyal İşleme: Kaydedilen elektriksel sinyaller daha sonra amplifikatörler ve filtreler aracılığıyla işlenir. Amplifikatörler, sinyalleri güçlendirir ve daha duyarlı hale getirir. Filtreler, istenmeyen gürültüyü ve dış etkileri ortadan kaldırarak sinyallerin net ve anlamlı bir şekilde görülmesini sağlar. Böylece, kas aktivitesinin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesi sağlanır.
4. Veri Analizi: Kaydedilen sinyaller daha sonra analiz edilir. İğne EMG incelemesi, kasın elektriksel aktivitesinin zaman içinde nasıl değiştiğini ve kasın normal veya anormal çalışmasını değerlendirmek için kullanılan bir araçtır. Sinyallerin dalga şekilleri, frekansı, amplitüdü ve diğer özellikleri incelenir. Bu analiz, sinir hasarı, kas hastalıkları veya diğer kas fonksiyonu bozukluklarının tanısı ve takibi için önemli bilgiler sağlar.

İğne EMG çalışmasında, ek olarak, kasın artan uyarılar ile vmotor ünitelerin katılım paterni incelenir. Kuvvetin arttırılması ile, iğne elektrod daha fazla sayıda motor ünite aksiyon potansiyeli kaydeder. Motor iletim bloğu veya aksonal kayıp durumlarında, bu katılım paterninde azalma gözlenir.

Motor Latens: Sinir segmentinden nöromusküler kavşağa ve kas lifine kadar ileti zamanı ölçümüne denir

Duyu(Sensory): Latens :Sinir segmenti boyunca aksiyon potansiyeli ulaşım zamanına denir.
İleti Hızı :Hızlı ileten aksonlardaki hız ölçümüne denir.

Genlik (Amplütüd):Aktive olan akson ve sinir liflerinin sayısını gösterir.İletime katılan akson sayısı ile doğru orantılıdır._Bileşik kas aksiyon potansiyelleri sinir yaralanmasını ve iyileşmesini analiz etmek için kullanılabilir.[109] Amplitüd Elektrik potansiyeline katkıda bulunan işleyen aksonların sayısını tahmin etmek için kasa yerleştirilen iğne elektrotları kullanılarak ölçülebilir[111]

Archibald ve arkadaşları sinir grefti veya kollajen sinir kılavuz tüpü ile onarılan maymunları seri elektrofizyolojik yöntemlerle karşılaştırdıkları çalışmada Tenar kas reinnervasyonu, tüm gruplar için 50 ila 70 gün arasında meydana geldiği ve buun yaklaşık 1 mm/gün aksonal uzama oranlarına işaret ettiğini bildirdiler.Aynı zamanda Bileşik kas aksiyon potansiyeli (CMAP) ve bileşik duysal aksiyon potansiyeli (BDAP) amplitüdlerinin iyileşme oranları ve son iyileşme seviyeleri ile korelasyon gösterdiğini bildirdiler.[29]

Rejenarason Motor Ünite Potansiyeli(RMUP):Gelişmekte olan motor ünite potansiyelleri (MUP'ler), olgunlaşmamış sinir filizleri tarafından innerve edilen birkaç kas lifinin dahil edilmesini yansıtır. MUP'ler daha sonra kısmi ve tam denervasyon ve rejenerasyon sırasında sinir liflerinin olgunlaşmasını ve motor ünite içindeki kas liflerinin yeniden düzenlenmesini yansıtan değişkendir.[86]

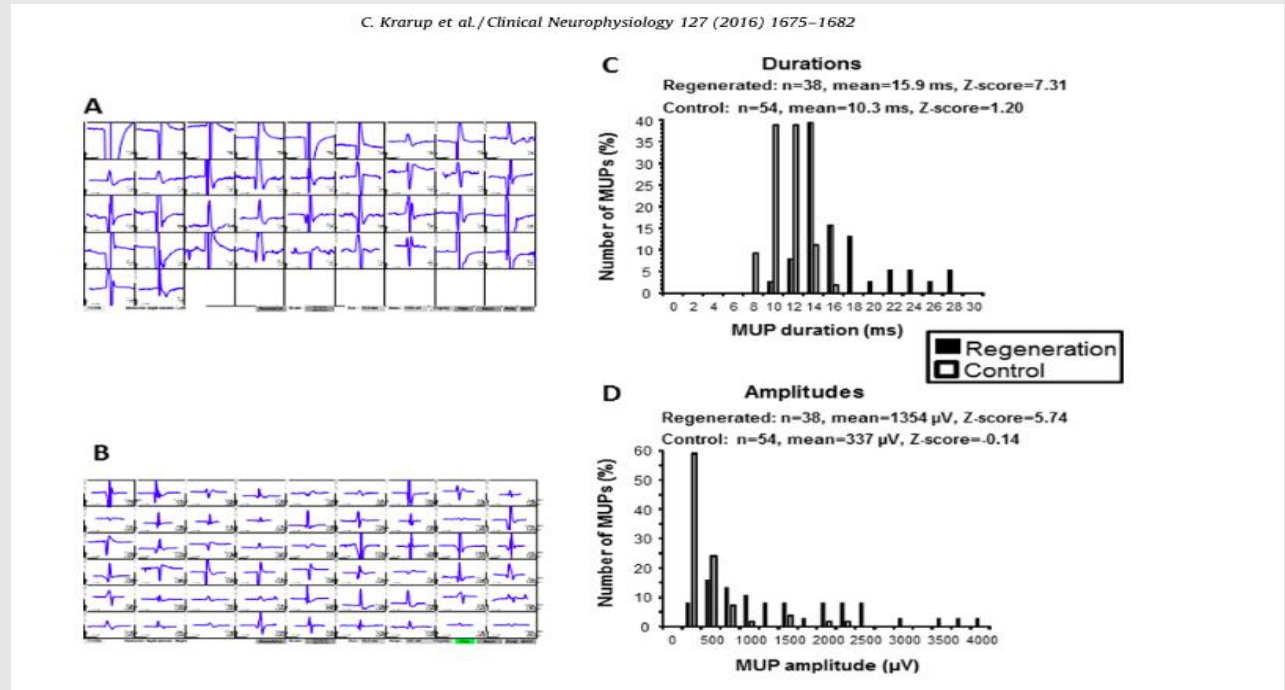
Rejenerasyon motor ünite potansiyeli (RMUP), bir sinir hasarı sonrasında sinir liflerinin yeniden büyümesi ve kaslara yeniden bağlanması sürecinde ortaya çıkan elektriksel aktiviteyi ifade eder. RMUP, hasarlı sinir liflerinin yeniden büyüyerek kaslara ulaşması ve sinir-kavşak bağlantısının yeniden kurulmasıyla ilişkilidir.

RMUP, sinir rejenerasyonunun ilerleyişini izlemek ve iyileşme sürecini değerlendirmek için kullanılan önemli bir EMG parametresidir. Sinir hasarı sonrası RMUP'nin varlığı, sinirin yeniden büyüme ve iyileşme potansiyelinin göstergesidir. Ancak, RMUP'nin tam iyileşme ile ilişkili

olduğunu söylemek doğru değildir, çünkü sinir hasarının şiddeti ve diğer faktörler de sonucu etkileyebilir.

Sonuç olarak, rejenerasyon motor ünite potansiyeli, sinir hasarının iyileşme sürecinde ortaya çıkan elektriksel aktiviteyi ifade eder ve EMG ile değerlendirilir. Bu parametre, sinir rejenerasyonunun ilerleyişini takip etmek ve iyileşme sürecini değerlendirmek için önemlidir.[93]

Donoso ve arkadaşları tanımlanmış sinir ve tam sinir lezyonları olan hasta gruplarında MUP'lerdeki değişikliklerin standardize edilmiş ve nicelleştirilmiş çalışmaları nadirdir.[122] Bu çalışmanın bir amacı, sinir rejenerasyonu ve reinnervasyonu sırasında EMG parametrelerinin zaman sürecini incelemektir. . Ayrıca, motor ünitelerin yeniden şekillenmesinin tam sinir lezyonlarının onarım tipi ile ne ölçüde ilişkili olduğu bilinmemektedir.



Şekil:18: Reinnerve sol (A) ve kontralateral normal sağ (B) abductor digiti'de motor ünite potansiyelleri (A, B) ve kantitatif motor ünite potansiyeli (MUP) analizi (C, D)

sinir kanalı onarımından 24 ay sonra minimi (ADM) kasları. MUP süreleri (C) reinnerve abductor digiti minimi'de belirgin şekilde uzamıştı. Genlikler (D) reinnerve kasta belirgin şekilde artmıştır.[7]

3.HASTALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

3.1.OLGU RAPOR FORMU

Yaş:

Cinsiyet:

Dominant el:

Sigara kullanımı:

Yaralanma şekli:

Cerrahiye alınma zamanı:

Hangi sinir yaralanması:

Eşlik eden tendon yaralanması :

Eşlik eden arteriyel yaralanma:

rehabilitasyon süresi:

Yaralanmadan işe dönüş kadar geçen süre:

Duysal Değerlendirme

İki nokta diskriminasyon:

Semmes Weinstein Monofilaman testi:

Soğuk intoleransi

Sempatik Aktivasyonun Değerlendirilmesi

Motor Değerlendirme

Grip strength(kavrama kuvveti) (her iki el)

1-2 pinch tip opere /sağlam taraf

1-2 pinch palmar opere/ sağlam taraf

1-2 pinch lateral opere/ sağlam taraf

1-5 pinch opere /sağlam taraf

froment işareti

Wartenberg işareti

Pençe el

EMG Parametleri

Median/Ulnar Motor Amplitud (BKAP Genlik)

Median/Ulnar Duyu Amplitüd (DSAP Genlik)

Rejenerasyon Motor Unite Potansiyeli(RMUP)

3.2.Değerlendirilmede Kullanılan Skorlar

1.Kapandji Skor:1.parmağın oppozisyon kabiliyetini değerlendirir.0 - 10 arasında puanlanır

2.Visual Analog Scale(VAS): Akut ve kronik ağrı için doğrulanmış, subjektif bir ölçüdür. Skorlar, "ağrı yok" ve "en kötü ağrı" arasındaki sürekliliği temsil eden 10 cm'lik bir çizgi üzerinde el yazısıyla işaretlenerek kaydedilir.

3.Quick Dash skor: Quick-DASH tüm üst ekstremité bozukluklarında, aktivite ve katılım kısıtlılıklarını ölçen bir değerlendirme anketidir. Ankette 11 soruyla hastaların günlük yaşam aktiviteleri sırasındaki zorlanmaları sorgulanır.Likert skalası ile her cevap 1 ile 5 arasında iyiden kötüye doğru puanlandırılır.Klinik sonuçlar ile skor arasında negatif bir orantı vardır.

4.Biomedical Research Council (BMRC) Duyu değerlendirme skalası (1976)

Grade	Duyunun Dönüşü	Seddon
S0	Sinirin otonom zonunda duysal dönüş yok(anestezik)	kötü
S1	Otonom zonda derin kutanöz ağrının dönüşü	kötü
S2	Yüzeyel ağrı ve dokunma duyusunda hafif iyileşme	yetersiz
S3	Yüzeyel ağrı ve dokunma duyusunda hafif iyileşme (iki nokta ayırımı > 15mm	orta
s3+	iki nokta ayırımında hafif iyileşme 7-15 mm	orta
s4	Normal duyu iki nokta ayırımı 2-6 mm	iyi

Tablo 3:Biomedical Research Council (BMRC) Duyu değerlendirme skalası

3.3.Değerlendirmede Kullanılan Yöntemler

1.Monoflaman Testi:

Dokunma-basınç duyusunun değerlendirilmesi Bell-Krotoskinin tanımlamadığı yöntem ile Semmes Weinstein monoflamanlar kullanılarak değerlendirilebilir[80].

Bu test periferik sinir hasarında çapları değişen monoflamanlar ile kontrollü şekilde, artan kuvvette uyarı verilerek uygulanır. Her monoflamanın bir numarası bulunmaktadır. Bu numara miligram $\times \log_{10}$ olup buradaki miligram, monoflamanın eğilmeye başladığı zaman için gereken güç miktarıdır. Monoflamanlar sinirin otonom zonuna 90 derece açı ile uygulanur. 1-1,5 saniye tutmak yeterlidir, 3 kez tekrarlanabilir.(Tablo 4)

Monoflaman çap	Hedef kuvvet(gm)	Eşik Değerler	Grade
1.65-2.83	0.008-0.07	Normal Duyu	5
3.22-3.61	0.16-0.4	Azalmış Hafif Dokunma Duyu	4
3.84-4.31	0.6-2	Azalmış Koruyucu Duyu	3
4.56-6.45	4-180	Koruyu Duyu Kaybı	2
6,65	300	Sadece Derin Basınç Duyusu	1
-	>300	Anestezik	0

Tablo 4: Monofilament test çap ve grade değerlendirme skalası

Semmes Weinstein Monofilament Testinin Tanısal Faydası Koris ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, %82 Duyarlılığı ve %86 Özgüllüğü olduğunu bulmuşlardır[81].

Schreuders TA ve ark. yaptıkları çalışmada

duyusal değerlendirme için 6 nokta referans alınıyor.(Şekil 30)Altı konum bir radyal alan (A, B ve C noktaları) ve bir ulnar alan (D,E ve F noktaları) olarak gruplandırılmıştır.[82].

2.İki Nokta Ayırım Testi

Yaralanan sinirin inervasyon sahasında hissedilen iki nokta arasındaki en küçük mesafeyi saptamaya yarar. Bu test statik (s2-PD) ve dinamik (m2-PD) olmak üzere iki şekilde yapılabilir. Median sinir için 2. ulnar sinir için 5. parmağın pulpası üzerinden bakılabilir. Bu test Dellon-Mackinnon' un iki nokta ayırım diskleri ile uygulanabilir. Bu diskler üzerinde 1 den 25 mm'ye kadar verebilen çıkıntılar bulunmaktadır (38).



Resim 1:İki Nokta diskrimasyonu Baseline Aesthesiometer 2PD cihazı

3.Motor Innervasyonun Değerlendirilmesi

Kavrama Gücü

Kavrama gücünün ölçülmesi, bir müdahalenin etkinliğini ölçmek için araştırma ve sporda yaygın olarak kullanılır. Karar vermede ve sonuçların raporlanmasında yardımcı olacak el rehabilitasyonunun uygulanması faydalı bir uygulamadır. Jamar ve Takei literatürde en çok çalışılan dinamometrelerdir. Jamar dinamometresi, manuel kavrama gücünü belgelemek için altın standart olarak kabul edilir. Şunlardan oluşur:

- Ayarlanabilir anatomik sert tutamak
- Hidrolik sistem
- Analog ekran

Ölçüm esnasında omuz addusiyonda, dirsek 20° fleksiyonda, ön kol nötralde olmalıdır. Ölçüm her iki elde ve tüm kademelerde yapılır. Kavrama gücü ölçümü 3 kez tekrarlanmalı ve bunun

ortalaması alınmalıdır. Dominant elin gücü dominant olmayandan ortalama %10 daha büyüktür. Birim olarak pounds kullanıldı.[83].



Resim 2:Jamer Dinamometresi ile Kavrama Kuvvetinin Ölçülmesi

Pinch Gücü

Pinchmetre ile ölçülür.Birimi pound olarak alındı.Baseline Pinch Gauge ,NY,USA Pinch Dinamometresi kullanıldı.

Tip pinch:

1.ve 2. parmağın ucu arasında bir nesneyi başparmak ve parmak ucu arasında tutmak, ince manipülasyon için kullanılır.Ince koordinasyon gereken işlerde kullanılır.Ulnar sinir paralizinde m.adduktor pollicis güçsüzlüğüne bağlı olarak tip pinch kuvveti azalmaktadır.



Resim 3:Tip Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi

Palmar pinch(Chuck pinch):

1. parmak ile 2 ve 3. parmanın pulparlar arasında yapılır. Median sinir yaralanmalarını veya karpal metakarpal dejeneratif eklem hastalığını taramak için kullanılabilir.



Resim 4:Palmar(Chuck) Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi

Key pinch(Lateral pinch):

1. parmanın pulpası ile 2. parmanın proksimal interfalangeal ekleminin laterali ile bastırılması ile elde edilir..1. parmak adduksiyon ve fleksiyona gelir.En güçlü pinch kuvvetidir.Ulnar sinir yaralanmalarını (addüktör pollicis veya 1. dorsal interosseus zayıflığı) taramak için kullanılabilir.



Resim 5:Key(Lateral) Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi

Oppozisyon pinch : 1 ve 5. parmaklar arasında oppozisyon kuvvetini gösterir ve median sinir hasarın da m.abduktor pollicis etkilendiği için taramada kullanılır.



Resim 6:Oppozisyon Pinch Kuvvetinin Ölçülmesi

Palmar pinch ve lateral pinch oluşturulan tepe kuvvetleri, tip pinch üretilenlerden yaklaşık %40 daha fazladır[84]

Froment işareti: Ulnar sinir felcinde ortaya çıkan adduktor pollicis kasının zayıflığına bağlı ortaya ortaya çıkar.Ulnar sinir yaralandığında 1.parmak adduksiyonu kaybolur.1.parmak ile 2. parmak arasına bir kağıt sıkıştırıldığında adduktor pollicis kası zayıf olduğu için hasta median sinir tarafından innerve edilen Fleksör pollicis longus kası ile interfalangial eklemi fleksiyona getirir.Daha spesifik olarak, sırasıyla başparmağı adduksiyona sokan ve interfalangeal eklemi uzatan adductor pollicis kası ve interossei kaslarının innervasyonunu değerlendirir. Ulnar sinirin bozulmasıyla, hasta normal bir pinch tutuşu gösteremez ve fleksör pollicis longus kası (median sinir tarafından innerve edilir) adductor pollicis'in yerini alacak ve başparmağın telafi edici hiperfleksiyonu ile sonuçlanacaktır.[102]

Wartenberg işareti: Ulnar sinir hasarı sonrası addüksiyon yapan palmar interosseöz kasın zayıflığı sonucu radyal innerve ekstansör kasların (digiti minimi, digitorum communis)baskın hale geçmesi nedeniyle beşinci parmağın abduksiyona kaçmasına denir.Wartenberg bulgusu ulnar paralizi olduğunda ve ulnar sinir rejenerasyonu sırasında görülür. İzole Wartenberg belirtisinin tedavisi, ekstansör digiti minimi'nin yeniden yönlendirilmesinden oluşur[101]

Pençe El: Lumbrikallerin paralize olmasına neden olan ulnar sinir hasarı nedeniyle gelişen elin instrinsik deformitesi ve ya anormal duruşudur. Ulnar pençe el genellikle ulnar sinir distalde hasar gördüğünde ortaya çıkar. Pençe el deformitesi, metakarpophalangeal hiperekstansiyon ve interfalangeal fleksiyon ile karakterize olup, parmakları ve başparmağı karşı koymayı imkansız hale getirir. Bouvier testi prosedürü yönlendirmek için kullanılır.[103] Bouvier testi, ekstansör mekanizmanın bütünlüğünü inceler ve pençelemeyi düzeltmek için tendon transfer prosedürlerini seçerken kritik bir kılavuzdur. Bu testi gerçekleştirmek için MCP eklemleri fleksiyonda bloke edilir ve hastadan parmaklarını ekstansiyone getirmesi istenir.

Soğuk intoleransı: Nöravasküler yaralanma sonrası ekstremitte distalinde ortaya çıkabilen tablodur. Vasküler veya nörojenik kökenli olabilir. Etkilenen elini sürekli ceplerinde kapalı tutmak veya eldiven giymek zorunda hissederler.

Kraup ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları Kantitatif elektromiyografi ile sinir tamirinden sonra motor ünitelerin yeniden modellenmesi adlı benzer bir çalışmada Medyan sinir lezyonları olan hastalarda APB ve BMRC ölçeği ve ulnar sinir lezyonlarında ADM ve BMRC ölçeği değerlendirmiştir. Yine Kavrama gücü Jamar dinamometresi kullanılarak değerlendirilmiştir.[7]

4. GEREÇ VE YÖNTEM

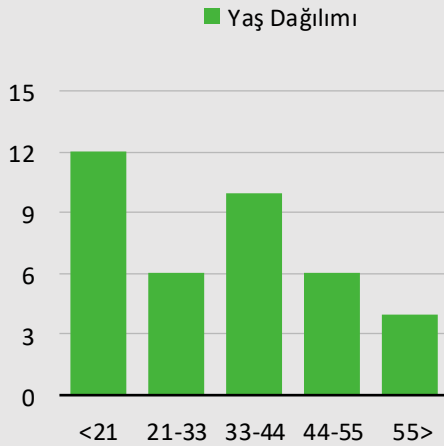
Bu çalışma E.Ü.Etik Kurulu tarafından 04.08.2022 tarihinde 22-8T/41 Sayılı karar ile onaylanmıştır.

Tüm olgular, çalışmanın amacı ve içeriğini kapsayan yazılı ve aydınlatılmış onam ile bilgilendirilmiştir ve gönüllü olduklarını onam formunu imzalayarak belirtmişlerdir.

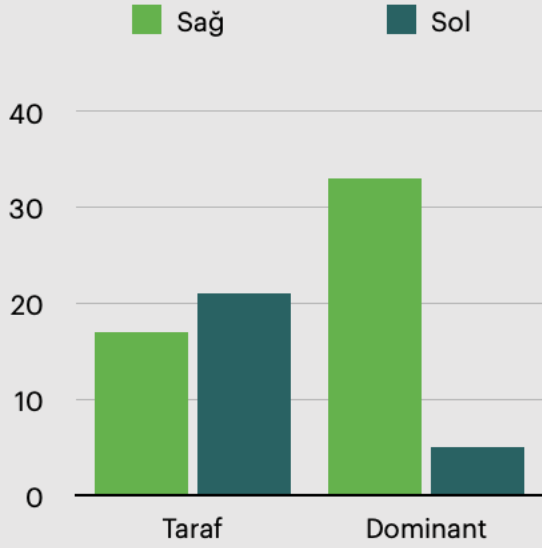
4.1. Bireyler ve Yöntem

Bu çalışmaya Ege Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalında Ocak 2021- Aralık 2022 tarihleri arasında değişik nedenlerle distal 1/3 ön kol düzeyinde median ve/ve ya ulnar sinir kesisi nedeniyle primer tamir uygulanan ve kontrollerinde EMG sini yaptıran olgular retrospektif doğada incelenlenmiştir. Bu bağlamda kliniğimizde opere edilmiş 59 hasta bulundu. Bu hastalardan 2 tanesi ateşli silah yaralanması, 1 tanesi açık kırık olması sebebiyle çalışma dışında bırakıldı. 18 tane hastaya ulaşamadı ve/ve ya takiplerine gelmedi. Çalışmamız kontrollerine gelen 38 hasta ile yapılmıştır. Bunların 31 ü (%81.5) erkek 7 si kadın (%18.5) olarak bulunmuştur. Operasyon sırasında yaş ortalaması 35.1 (en az 12 en çok 94) olarak bulunmuştur. Hastaların takiplerine gelme oranı %64.4 olarak kalmıştır

Tablo 5: Yaş Dağılımı



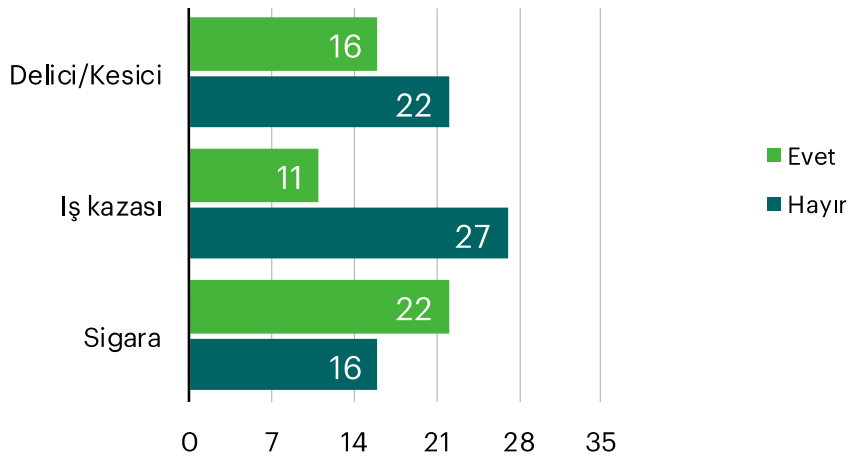
Tablo 6:Taraf ve Dominansı



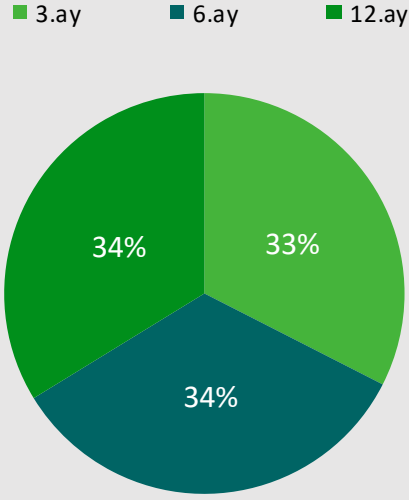
Olguların incelendiğinde meydana gelen kesilerin 17 (%44)si sağ el bileğinde 21(%56) i sol el bileğinde olduğu saptanmış olup aynı zamanda hastaların 33(%86) ünün dominant eli sağ iken 5(%14) inin sol dominant eli sol olduğu görülmüştür.

Olgular incelendiğinde yaralanma şekli olarak 22 sinin (%57)Cam ile 16(%43) sının Delici/Kesici alet ile yaralandığı ve hastaların 11 inin(%28) iş kazası sonucu meydana geldiği görülmüştür.Çalışma grubunda sigara kullanımının ise 22 kişi (%57.8) olduğu görülmüştür.

Tablo 7:Yaralanma şekli , İş kazası ve Sigara Kullanım



Tablo 8: EMG dağılımı



Çalışmaya katılmayı kabul eden ve takiplerine gelen ve tedaviden sonra en az 3.aya ait kontrol EMG si ile beraber klinik değerlendirmesi yapılmış 38 hasta çalışmaya dahil edilmiştir.Bu hastalardan 21 tanesinin 3 ay, 6.ay ve 12.ay ait kontrol EMG si ile beraber klinik değerlendirilmesi bulunmakta olup 3.ay 26 olgu , 6.ay 27 olgu ve 12.ay 27 olgu olmak üzere 3 adet kontrol grubu bulunmaktadır.

Radiyal sinir kesileri,el bileği distal yaralanmaları,dirsek proksimali yaralanmaları,açık kırıklar,kirli yaralanmalar ve geç primer onarımlar çalışmaya dahil edilmemiştir.Hasta bilgilerine, kliniğimize ait ameliyat defterlerinden ve hasta dosya arşivinden ulaşılmıştır.Hastalar retrospektif olarak değerlendirilmiştir.

Uygulanan tedavi zamanına göre, ilk 24 saatte yapılan müdahalelere primer onarım olarak adlandırıldı.1-7 günlerde yapılanlar geç primer onarım, yaralanmadan bir hafta geçtikten sonra yapılan müdahaleler ise sekonder onarım olarak adlandırıldı ve çalışma dışında bırakıldı. Bizim çalışma grubumuzda 31 hasta (%81.5)ilk 24 saat içinde opere edildi.7 hasta(%18.5) ise 1-7. günler arasında opere edildi.

4.2.Cerrahi Teknik

Hastalar supin pozisyonda kol proksimaline turnike uygulanmasından sonra yaralanma sahası serum fizyolojik ile irrigé edildikten sonra kesi hattı distale ve proximele doğru genişletildi.Damar sinir ve tendonlar eksplore edildikten sonra Tendonlar 3.0 ve 4.0 polydioxone (PDS)ile modifiye kessler tekniği ile onarıldı ardından eğer kesik ise mikroskop altında arterler 8.0-9.0 polypropylene(prolen) ile anastomoz edildi ardından milking manevrası ile akım kontrol edildi.Sinirler Uç-uca koaptasyon epinöral teknik ile 8.0 - 9.0 0 polypropylene(prolen) ile tamir edildi. Katlar anatomik olarak kapatıldı cilt 4.0 0 polypropylene(prolen) ile primer olarak kapatıldı.Hastalar operasyon sonrası tendon yaralanması şekline göre dorsalden kısa kol ve ya uzun kol alçı atele alındı.



Resim 6:Ulnar sinir uç uca koaptasyonu 8.0 Emilmeyen Dikişlerle

4.3. Cerrahi Sonrası Takip ve Rehabilitasyon

Hastalar operasyon sonrası anastamoz yapıldıysa Ameliyat sırasında damar anastomozları yapılacağı zaman başlanan 9 gr NaCl ve 10 gr dekstrandan oluşan çözelti (rheomacrodex) 500 cc/gün üç gün verilir.Taburculukta ise 100 mg asetilsalisilik asitle beraber profilaktik antibiyotik reçete edildi.Anastamoz yapılmayan hastalar ise operasyon sonrası oral antibiyotik profilaksi ve analjezi önerileriyle taburcu edildi.

Tüm hastalara operasyon sonrası 3. gün kontrollü pasif parmak hareketleri başlandı.Cilt dikişleri tüm hastalarda 14. gün alındı.Ateller yaralanma ve yara yeri durumuna göre 3 ile 4 hafta sonra çıkarıldı.Tüm hastalar atel çıkarıldıktan sonra fizyoterapiye yönlendirildi.

4.3.İstatiksel Yöntem

Araştırmanın evreni olarak Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji kliniğine başvuran distal 1/3 önkol (el bileği)seviyesindeki median,ulnar sinir yaralanmaları olan hastalar çalışmaya dahil edildi.Hedeflenen hasta sayısı G*Power 3.1.9.7 programından yapılan güç analizi ile ortaya kondu.

Demografik bilgiler klinik bulgular ve elektrofizyolojik ölçümler klinik bilgiler ve ölçeklerden elde edilen fonksiyonel bilgiler ile hasta bazlı kaydedildi.Hastaların demografik verilerinin tamamlayıcı istatistiklerinde ortalama ,standart sapma ,medyan değer ,en düşük değer ve en yüksek değer frekans ve yüzdelik oran değerleri kullanılmıştır.

İstatistiksel Yöntemler: Araştırmada elde edilen veriler, SPSS (Statistical Package For Social Sciences) 26.0 programında oluşturulan veri tabanına girildi ve istatistiksel analizleri aynı program ile yapıldı. Sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu araştırıldı. bağımsız grupların karşılaştırmalarında non parametrik yöntemler tercih edildi.

Bağımsız grup karşılaştırmaları "Mann-Whitney U" testi ile yapıldı. Tanımsal istatistik olarak medyan minimum ve maksimum değerleri, kategorik değişkenlerde frekans ve yüzdeleri sunuldu. Sürekli değişkenler arasındaki ilişkiye nonparametrik korelasyon "Spearman's rho" yöntemi ile bakıldı. Tüm istatistiksel karşılaştırma testlerinde birinci tip hata payı $\alpha:0,05$ olarak belirlendi ve çift kuyruklu test edildi, "p" değerinin 0.05'ten küçük olması durumunda gruplar arası fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Spearman korelasyon analizi r mutlak değeri -1 ile 1 arasında r:0-0.3 arasında yok ve ya zayıf korelasyon,r:0.3-0.6 arasında orta düzey korelasyon gücü ,r:0.6-0.75 güçlü korelasyon gücü r:0.75-1 arasında çok kuvvetli korelasyon gücünü gösterir.Anlamlılık düzeyleri

*p<0.05,**p<0.01,***p<0.001

5.SONUÇLAR

Çalışmaya katılan 38 olgunun sinir kesileri duysal ve motor rejenerasyon açısından değerlendirildi.Duyusal rejenerasyonun klinik ve elektrofizyolojik değerlendirilmesi median sinir için 2.parmak pulpası,ulnar sinir için ise 5.parmak pulpası referans alındı.

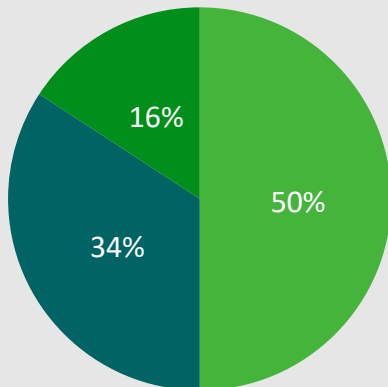
Motor rejenerasyon açısından median sinir için 1-5,parmak pinch(oppozisyon),palmar(chuck)pinch kuvveti ve EMG çalışmalarında m.abduktor pollicis kası referans alındı.Ulnar sinir motor değerlendirilmesi lateral(key),tip pinch kuvveti ve EMG çalışmalarında 1.dorsal intraosseoz referans alınmıştır.Ayrıca hastalara kavrama gücü,soğuk toleransı,sudomotor değişiklikler,froment işareti, wartenberg işareti ve pençe el gibi klinik bulgular tarandı.

Olgulara ağrı değerlendirmesi için VAS(Görsel analog Ölçeği) , gündelik aktivitelerin değerlendirilmesi için quikdash skor parametreleri kullanıldı.

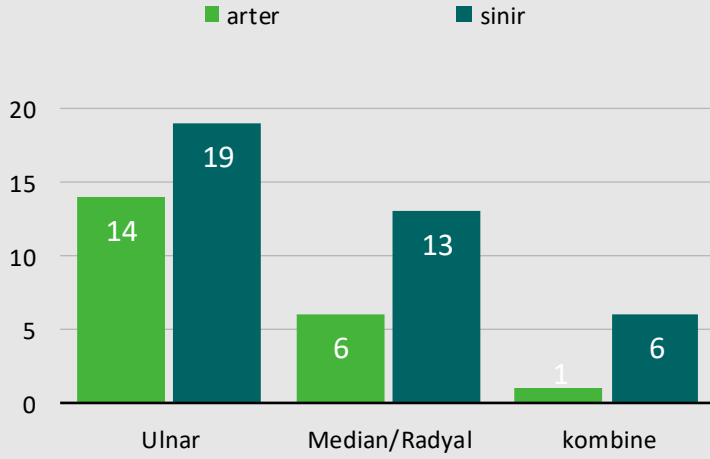
Çalışmaya katılan 38 olgudan izole ulnar sinir kesisi olan 19(%50) ,izole median sinir kesisi olan 13(%34) iken kombine median ve ulnar sinir kesisi olan olgu sayısı 6 (%16)tane olarak bulunmuştur.17 (%44.7) olgu izole sinir yaralanması iken 14(%36.8) olguya ulnar arter yaralanması,6(%15.8) olguya radyal arter yaralanması 1(%2.6) olguya ise hem radyal ve hem ulnar arter yaralanması eşlik etmekte olduğu görülmüştür.

Tablo 9:Medin ,Ulnar ve Kombine Sinir Kesilerinin Dağılım

■ Ulnar Sinir ■ Median Sinir ■ Kombine



Tablo 10:Sinir,Arter Kesi Dağılımı



Çalışma grubunda cinsiyet,sigara ve eşlik eden arteryel yaralanma ile emg parametleri arasında istatiksel anlamlı bir durum saptanmamıştır.

Çalışma grubunda 38 hastanın yaralanma şekli olarak 22 sinin Cam ile 16 sının Delici/Kesici alet ile yaralandığı belirtmiştik emg parametleri ile karşılaştırıldığında delici kesici alet ile yaralanmanın hem 3.ay hem 6.ay rejenerasyon müp pozitifliği ile negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır.($P<0.043$, $P<0.018$)

Çalışma grubumuzda 31 hastaya (%81.5 primer ,7 hastaya(%18.5) ise geç primer onarım yapıldı.Primer ve geç primer onarım arasında emg parametreleri ile istatiksel anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Çalışma grubunda ortalama işe dönüş süresi 3.97 ay iken ortalama rehabilitasyon süresi ise 7.53 hafta olarak bulunmuştur.Serimizde rejenerasyon motor unit potansiyeli + olanların yaş ortalaması istatiksel olarak anlamlı daha küçük olduğu saptanmıştır. ($p<0.013$)Rejenerasyon motor ünite potansiyeli (müp) ‘ü 3.ayda pozitif olanların ortalama işe dönüş süresi 3 ay iken 3.ayda müp negatif olanların ortalama işe dönüş süresi 6 aydır ve bu fark istatiksel olarak anlamlıdır ($p<0.022$).

Ayrıca median sinir kesilerinin ulnar sinir kesilerine göre rehabilitasyon süreleri daha kısa bulunmuş olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır.($p<0.008$) Rehabilitasyon süreleri ile emg parametreleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamıştır.

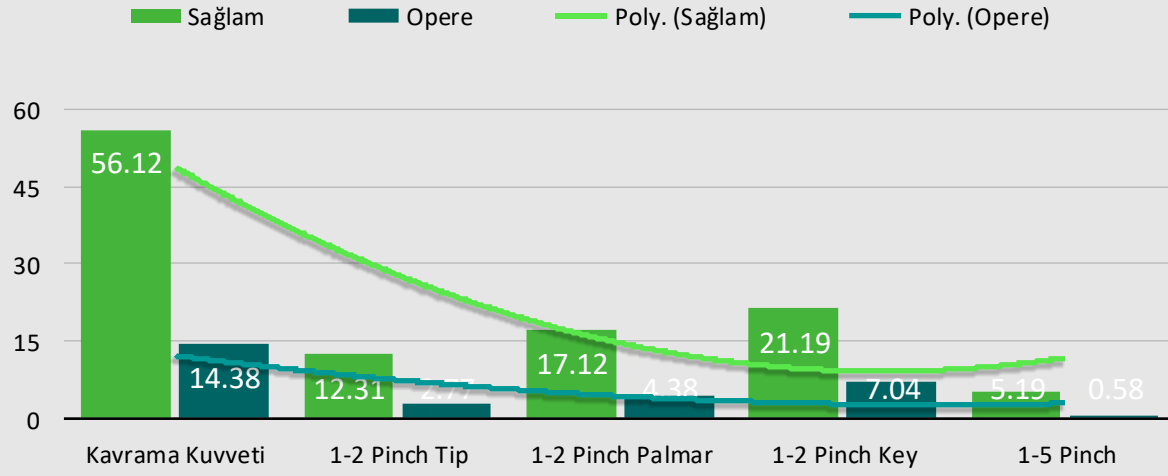
Tablo 11: Skorlar Aylara Göre Ortalama değerleri Ve 3. Ay RMUP + olanlarla arasındaki ilişkinin Mann-Whitney Test ile analizinin sonuçları

Skorlar/RMUP 3.AY	3.AY	6.AY	12.AY
Hasta Sayıları	26	27	27
Quik dash	40,73	14,37	6,26
VAS	2,15	0,70	0,04
Kapandji	6,31	8,30	9,15
P Değeri QDash	-0,001	-0,004	-0,005
P Değeri VAS	0,512	0,467	0,202
P Değeri Kapandji	0,004	0,006	0,042

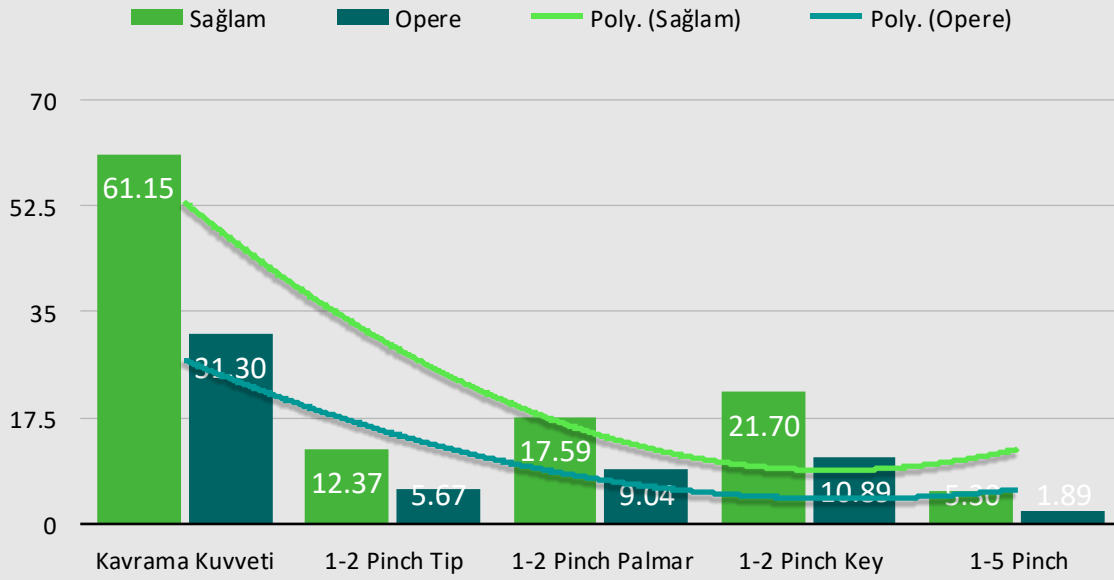
Serimizde rejenerasyon müp'ü 3. ay ve 6.ayda pozitif olanların 3.ay/6.ay ve 12. ay quik dash ($p<0.04$) ve kapandji skorları ($p<0.06$) istatistiksel olarak anlamlı daha iyi bulunmuştur ancak VAS skoru ile emg parametreleri arasında bir korelasyon saptanamamıştır. Median motor amplitüd ile kapandji skoru arasında pozitif yönde istatistiksel bir anlam saptanmıştır.($p<0.034$).

Yaş ile Qdash skorları arasında 6 ay. ve 12. pozitif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır..($p<0.001$, $p<0.002$). Yaş ile VAS skorları arasında da anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

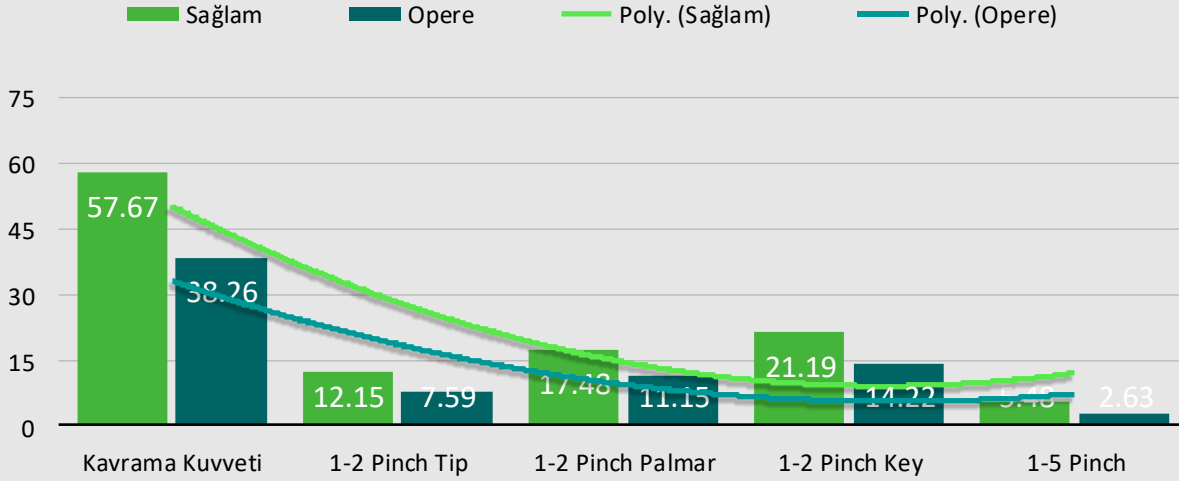
Yaş ile kapandji skorları arasında ile negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır.($p<0.005$, $p<0.003$) Yaş ile EMG parametreleri arasında kontrol 6.ay ulnar BKAP genliği arasında negatif yönde istatistiksel bir ilişki bulunsa da bu istatistiksel ilişki sonradan kaybolmuştur.($p<0.023$) Yaş ile median sinir EMG parametreleri arasında bir ilişki saptanamamıştır



Tablo 12:3.Ay Ortalama Kuvvetler Birim Pound

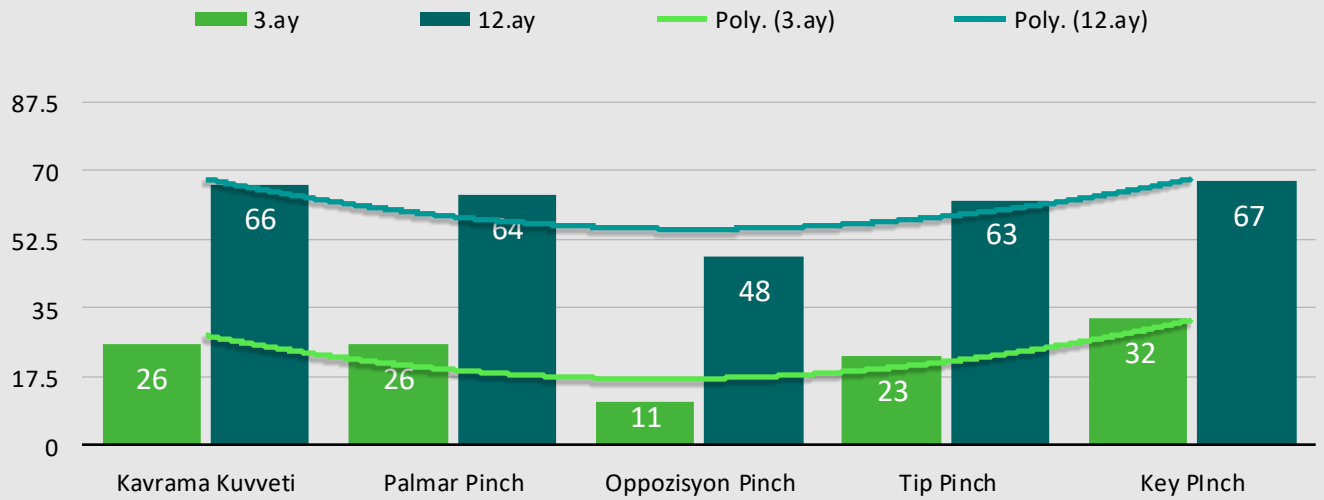


Tablo 13:6.Ay Ortalama Kuvvetler Birim Pound



Tablo 14:12.Ay Ortalama Kuvvetler Birim Pound

Tablo 15;Opere tarafın sağlam tarafa göre kavrama,pinch ve oppozisyon değerlerinin % olarak ortalamaları



Ortalama kavrama kuvveti sağlam taraf ile kıyaslandığında 12. ay sonunda opere tarafta ortalama değer 38.26 p iken sağlam tarafta 57.87 p olarak bulunmuştur.Ortalama kavrama kuvvetindeki kayıp 3.ay da %74.3 iken 12.ay sonunda %33.6 olarak bulunmuştur.

Median sinir motor rejenarasyon değerlendirilmesinde kullanılan palmar pinch ve oppozisyon pinch kuvvetlerinin sağlam taraf ile kıyaslandığında kayıp sırasıyla 3.ayda %74,4 ve %88,8 iken 12.ay sonunda %36.2 ve %52 olarak bulunmuştur.

Ulnar sinir motor rejenerasyon değerlendirilmesinde kullanılan 1-2 pinch tip ve 1-2 pinch key kuvvetlerinin sağlam taraf ile kıyaslandığında kayıp sırasıyla 3.ayda %77,4 ve %66,7 iken 12.ay sonunda %37,5 ve %32.8 olarak bulunmuştur.

Kavrama ve pinch kuvvetlerine bakıldığında tüm değerler sağlam tarafa göre düşük bulunmuştur. 3.aya göre tüm kuvvetler ortalama olarak %100 üstü bir kuvvet artışı görülmekle beraber en dramatik artış oppozisyon kuvvetinde olmuştur.Ancak buna rağmen diğer kuvvetlere göre en fazla güç kaybı %52 ile oppozisyon kuvvetinde olmuştur.Kiniğimizde yapılan benzer bir çalışma olan “Ön kol seviyesindeki median ve ulnar sinir kombine kesilerinin primer tamirin uzun dönem sonuçları” adlı çalışmada da en fazla güç kaybı %57,33 ile oppozisyon pinch kuvvetinde olmuştur ve bizim çalışmamızda da benzer bir sonuç ettik.[86]

	RMUP	Sayı	Median Değer	Min	Max	P Değeri
K,Kuvveti 3.ay	Pozitif	16	11,5	3	52	0,169
	Negatif	10	7	4	30	
K.kuvveti 6.ay	Pozitif	17	35	18	80	***0.047
	Negatif	10	16,5	10	52	
K.Kuvveti 12.ay	Pozitif	18	37	18	88	***0.007
	Negatif	9	24,5	6	70	
T.P .3. ay	pozitif	16	2	1	10	0,167
	negatif	10	1	0	4	
T.P.6.ay	Pozitif	17	6	1	12	0,058
	Negatif	10	3,5	0	12	
T.P.12.ay	Pozitif	18	8	2	18	***0.013
	Negatif	9	5	2	8	
K.P.3.ay	Pozitif	16	8	2	16	0,090
	Negatif	10	5	2	11	
K.P.6.ay	Pozitif	17	12	5	22	***0.006
	Negatif	10	7,5	3	13	
K.P.12.ay	Pozitif	18	15,5	6	25	***0.010
	Negatif	9	11	5	18	
P.P 3.ay	Pozitif	16	4	1	14	0,191
	Negatif	10	3,5	0	6	
P.P. 6.ay	Pozitif	17	10	5	23	***0.014
	negatif	10	5	0	16	
P.P.12.ay	Pozitif	18	12	4	24	***0.008
	Negatif	9	8	3	12	

Tablo 16:Kavrama Kuvveti,Tip Pinch, Key Pinch ve Palmar Pinch Kuvvetlerinin Aylara Göre RMUP potansiyeli ile ilişkisi için Mann-Whitney U test $p<0.05$ Anlamlı

RMUP ü 3.ayda pozitif olanların 3.ay kavrama kuvvetleri benzer olsa da takiplerde 6. ve 12.aydaki kavrama kuvvetleri istatiksel olarak anlamlı olarak daha iyi olduğu saptanmıştır.($p<0.042$, $p<0.012$)

RMUP 3 ayda pozitif olguların 1-2 tip pinch kuvvetlerinin 3. ay ve 6. ayda kendini istatiksel olarak göstermemesine rağmen takiplerde 12 . ayda kendini istatiksel olarak anlamlı gösteriyor. ($p<0.026$) Rejenerasyon müp 3. ayda pozitif olguların 1-2 key pinch kuvvetleri 3 .ayda kendini istatiksel olarak göstermemesine rağmen takiplerde 6.ve 12.ayda istatiksel olarak anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır. ($p<0.024$, $p<0.029$)

RMUP' ü 3 .ayda pozitif olan olguların 1-2 palmar pinch kuvvetleri 3.ayda kendini göstermemesine rağmen 6.ay ve 12.ay takiplerde anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır. ($p<0.029$, $p<0,027$) RMUP' ü 3 .ayda pozitif olan olguların sadece 12. Ay 1-5 oppozisyon kuvvetleri anlamlı daha yüksek olarak saptanmıştır.($p<0.049$)

Median sinir BKAP genlikleri ile palmar pinch kuvvetleri arasında sadece 6.ayda orta derecede ($r=0.415$, $p<0.035$)pozitif bir korelasyon saptanmıştır.Ancak oppozisyon pinch kuvveti ile hiç bir ayda korelasyon saptanmamıştır. ($r=0.326$, $p<0.149$)

Ulnar BKAP genlikleri ile key pinch kuvvetleri arasında sadece 6.ayda orta ($r=0.480$, $p<0.011$)derece pozitif bir korelasyon saptanmıştır.Ancak tip pinch kuvveti ile hiç bir ayda korelasyon saptanmamıştır. ($r=0.343$, $p<0.080$)

Biz olgu yetersizliğinden dolayı istatiksel olarak bir veri ortaya koyamamak da 6 olguya ait kombine sinir kesilerini 12 aylık izlemde RMUP'u sadece yaşları 21 ve 27 olan 2 olguda median sinirde görebildik.Diğer 4 olguda hiçbir ayda RMUP ulnar sinirde göremedik dolayısıyla takiplerinde emgde herhangi bir iletim saptayamadık.Bu 4 olguya ait ulnar sinirlerde 12 ay sonunda sadece koruyucu duyu(bir nokta algılama) geri dönerken median sinirde iki nokta diskriminasyonu zayıf (11-15 mm) olarak geri döndü.12 ay sonunda bu 4 olguda intrinstik kaslarda atrofi ve pençeleşme gelişti

Froment bulgusu	3.ay	6.ay	12.ay
Evet	17	10	7
Hayır	0	6	11

Tablo 17;Ulnar Sinir Kesilerinde Froment Bulgusu(Kombine Kesiler Dahil)

Ulnar sinir hasarında Froment bulgusu 3.ay hastaların tümünde görülmesine rağmen 6. ayda %62 12 .ayda ise %38 olarak bulunmuştur.Aylara göre azalan insidansı mevcuttur.

RMUP 3.ay pozitifleşen olgularda takiplerde 6.ay için istatistiksel bulgu vermese de 12.ay de froment bulgusu istatistiksel olarak negatif anlamlı bir ilişki bulunmuştur.($P<0.047$)

Wartenberg Bulgusu	3.ay	6.ay	12.ay
Evet	12	8	8
Hayır	5	8	10

Tablo 18: Ulnar Sinir Kesilerinde Wartenberg Bulgusu(Kombine Kesiler Dahil)

Ulnar sinir hasarında wartenberg bulgusu 3.ay hastalarda %70 ,6 ay %50 12.ay %44 olarak bulunmuştur.Aylara göre azalan insidansı mevcuttur.

RMUP’u 3.ay pozitifleşen olgularda takiplerde 6.ay için istatistiksel bulgu vermese de 12.ay da wartenberg bulgusu ile istatistiksel olarak negatif anlamlı bir ilişki bulunmuştur.($P<0.047$)

Pençe El Deformitesi	3.ay	6.ay	12.ay
----------------------	------	------	-------

Pençe El Deformitesi	3.ay	6.ay	12.ay
Evet	0	5	6
Hayır	17	11	12

Tablo 19: Ulnar Sinir Kesilerinde Pençel El Bulgusu(Kombine Kesiler Dahil)

Ulnar sinir hasarında pençe el deformitesi 3. ayda hiç bir hastada görülmesede 6.ay %31 12.ay ise %33 olarak geliştiği bulunmuştur.Aylara göre artan insidansı mevcuttur.

RMUP 3.ay ve ya 6.ay pozitifleşen olgularda takiplerde 6.ay ve 12.ay için pençel el deformitesi ile negatif yönde istatiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur.($P<0.047$, $p<0.012$)

Soğuk Intoleransı	3.Ay	6.Ay	12.ay
Normal	12(%46.2)	16(%59.3)	18(%66.7)
İlımlı	12(%46.2)	10(%37)	9(%33.3)
Rahatsız edici	2(%7.7)	1(%3.7)	0

Tablo 20:Soğuk intoleransının değerlendirilmesi

Soğuk intoleransı 3.ayda 12 (%46.2)hastada ılımlı ,2 (%7.7) hastada rahatsız edici 12 (%46.2) hastada ise saptanmadı.6.ayda 10 (37)hastada ılımlı,1(%3.7) hastada rahatsız edici 16 (%59.3) hastada ise saptanmadı.12. ayda 9(%33.3) hastada ılımlı 18(%66.7) hastada ise saptanmadı.Soğuk intoleransı aylara göre azalan bir insidansı olduğu görülmüştür.

Çalışmamızda RMUP 3.ayda pozitifleşen olgularda soğuk intoleransı varlığı 3.ve 6.ayda kendini istatiksel olarak göstermemesine rağmen takiplerde 12.ayda istatiksel olarak negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır.($p<0.001$)

Sempatik aktivasyon	3.ay	6.ay	12.ay
Normal	14(%46.2)	20(%74.1)	17(%63)
Sudomotor Değişikler	12(%53.8)	5(%18.5)	0
Trofik Değişikler	0	2(%7.4)	10(%37)
Vazomotor Değişikler	0	0	0

Tablo 21: Sempatik Aktivasyonun Değerlendirilmesi

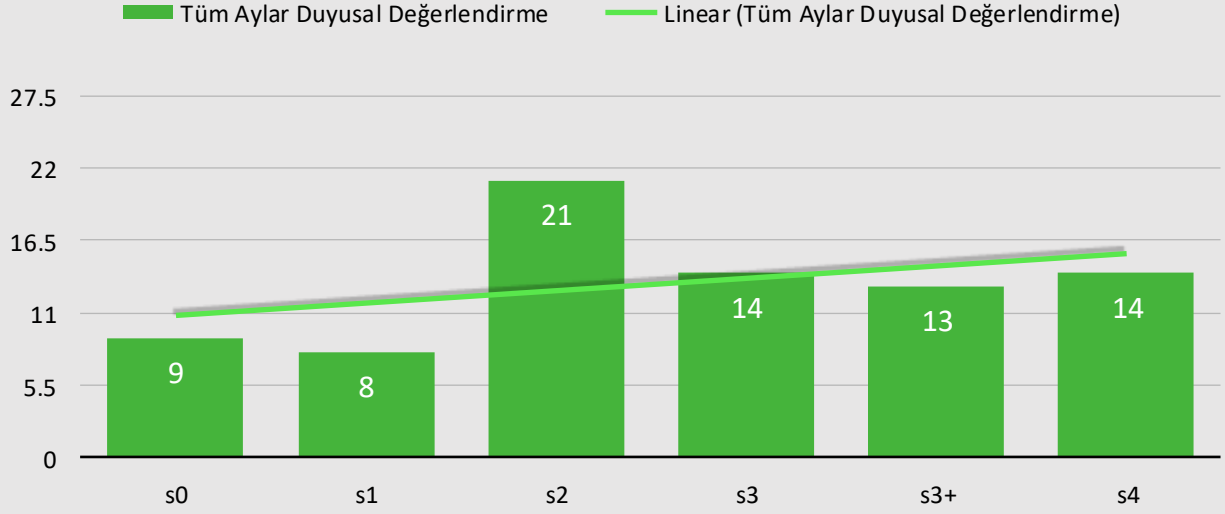
Sempatik aktivasyonu değerlendirmede sudomotor değişiklikler(Terleme yanıtında artma ve ya azalma,cilt incelme gibi) trofik değişiklikler (Tenar ,hipotenar atrofi) ve vazomotor değişiklikler (ciltde renk değişikliği) gibi değişkenler hastalarda bakıldı.Median ve ulnar sinir arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmadı.Ancak RMUP’u 3.ay ve ya 6.ay pozitifleşen olgularda 12.ayda sudomotor ve trofik değişiklikler arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır (p<0.003)

	S2	S3	S3+	s4
Median	0	4	2	3
Ulnar	3	4	4	3
Kombine Median	3	2	1	0
Kombine Ulnar	4	2	0	0

Tablo 22:Median ve Ulnar sinir duysusunun geri dönüşünün BMRC 12.ay karşılaştırılması

Median sinir duysal dönüş 12.ayda 3’ünde s2 6’sında s3 3’ünde s3+ 3’ünde s4 olarak bulunmuş iken ulnar sinir duysal dönüş 7’sinde s2 6’sında s3 4’ünde 3 ,3’ünde s4 olarak bulunmuştur.3.ay , 6.ay ve 12 ayda iki sinir arasında duysal dönüş açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Tablo 23:Tüm aylar BMRC duysal değerlendirme ortalama değerleri



Çalışmamızda Biomedical Research Council (BMRC) Duyu değerlendirme skalasını referans olarak yüzeysel dokunma hissi kaybı ve iki nokta diskriminasyonu >15mm olanları (S0-S2) yetersiz iyileşme, yüzeysel dokunma hissi varlığı ve iki nokta diskriminasyonu <15mm olanları(S3-S4) yeterli iyileşme olarak kategorize ettik ve bu veriler ile RMUP karşılaştırılmasında 3.ay pozitifleşen tüm olgularda BMRC değerleri 3.ay 6. ay ve 12 .ay kontrollerde istatistiksel olarak daha iyi olduğu saptanmıştır. ($p<0.01$)

BMRC duyu skalasında median ve ulnar sinir açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamış olsa da EMG de motor ve duysal değerlendirme açısında RMUP erken pozitifleşen olguların 6. ve 12 ay kontrol Emglerinde median sinir için hem DSAP hem BKAP i istatistiksel olarak daha iyi bulunmuştur ($p<0,015$, $p<0,020$),($p<0,021$, $p<0,018$) Ulnar sinir için sadece 12.ay DSAP değerleri daha iyi saptanmış olup BKAP değerleri ile anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. ($P<0,023$)

		2-PD Radyal /Ulnar 3M	2-PD Radyal /Ulnar 6M	2-PD Radyal /Ulnar 12M	MFT Radyal /Ulnar 3M	MFT Radyal /Ulnar 6M	MFT Radyal /Ulnar 12M	Q-DASH Skor 3M	Q-DASH Skor 6M	Q-DASH Skor 12M
Median /Ulnar SNAP- 3	Spearm ans's rho	.905***. .897***	—	—	.914*** .922***	—	—	-.415* -,096	-.346 -,086	-.352 -,128
	Sig. (2- tailed) p-value	0.000/ 0.000	—	—	0.000/ 0.000	—	—	0.035 0,641	0.124 0,712	.117 ,581
N	26									
Median /Ulnar SNAP - 6	Spearm ans's rho	—	.880*** .764***	—	—	.905*** .827***	—	-.612* -,076	-.353 -,403*	-.424 -,170
	Sig. (2- tailed) p-value	—	0.000/ 0.000	-	—	0.000/ 0.000	—	0.003 0,742	0.063 0,037	0.056 0,461
N	26									
Median /Ulnar SNAP- 12	Spearm ans's rho	—	—	.628** .502*	—	—	.666** .467*	-.641** -,027	-.38 -,037	-.422* -,195
	Sig. (2- tailed) p-value	—	—	0.000/ 0.008	—	—	0.000 0.014	0,002 0,907	0.089 0,872	0,028 0,329
N	27									

Tablo 24:Median Ve Ulnar Sinir DSAP genlikleri ile İki Nokta Diskriminasyonu, Monofilament Test ve Q-Dash ilişkisinin Sperman Korelasyon Analizi Sonuçları

Not:Spearman korelasyon analizi r mutlak değeri -1 ile 1 arasında r:0-0.3 arasında yok ve ya zayıf korelasyon,r:0.3-0.6 arasında orta düzey korelasyon gücü ,r:0.6-0.75 güçlü korelasyon gücü r:0.75-1 arasında çok kuvvetli korelasyon gücünü gösterir.Anlamlılık düzeyleri

*p<0.05,**p<0.01,***p<0.001

Serimizde iki nokta diskriminasyonu grup olarak anestezi, koruyucu duyu düzelme, zayıf, kötü ve normal iyileşme olarak prognostik bir skalaya koyduğumuzda median sinir DSAP genlikleri ile 3.ayda çok yüksek derece(r=0.905,p<0,001),6.ayda yüksek (r=0.880,p<0.001) ve 12.ayda orta (r=0.628,p<0,001) pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

Ulnar sinir DSAP genlikleri ise 3 .ayda çok yüksek (r=0.897,p<0,001) ,6.ayda yüksek (R=0.764,p<0,001) ve 12.ayda orta (r=0.502,p<0,008) derece bir korelasyon saptanmış olup literatürde bu alanda yapılmış bir çalışma bulunmamaktadır.

Biz bu iki sinir arasındaki korelasyon farkının median sinirde ulnar sinire göre göreceli daha yüksek olmasının sebebini median sinir ulnara göre daha erken iyileşmesi ve daha erken emg sinyal iletimi vermesine bağlıyoruz.Aylara göre azalan korelasyonu ise klinik testlerde iyileşme devam etse bile iletme katılan akson sayısı göreceli olarak aynı kalmasına olabilir

Median sinir 3. 6. ve 12. ay DSAP genlikleri ile bu aylara ait monofilament test 3.ay ve 6. ayda çok yüksek (r=0.914,p<0,001) (r=0.905,p<0,001),, 12.ayda (r=0.666,p<0,001) pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.

Ulnar sinir 3. 6. ve 12. ay DSAP genlikler ile bu aylara ait monofilament test ile 3.ayda çok yüksek derece((r=0.922,p<0,001),6. ayda (r=0.827,p<0,001), 12.ayda ise (r=0.467,p<0,014) pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır

Aynı yöntem ile iki nokta diskriminasyonunu 15 mm altını yeterli 15 mm üstü ve koruyucu duyu algılamayı yetersiz olarak gruplandırdığımızda RMUP 3. ayda pozitifleşen olgularda 6.ay ve 12.ay iki nokta diskriminasyonu pozitif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır.(p<0.032)

Duysal değerlendirme açısından bir yıllık takipte ortalama sinir iyileşmesi bir yıllık takipte median ve ulnar sinir için ortalama değeri s3 bulunmuş olup median ve ulnar sinir açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır.Ancak istatistiksel olarak bir fark koyamasa da çalışmamızda tablo 22 de belirttiğimiz üzere 12.ay sonunda hem izole hem kombine kesilerde ulnar sinirin median sinire göre göreceli olarak daha az geri döndüğünü söyleyebiliriz.

Çalışmamızda duyu iyileşmesinde hafif dokunmanın geri dönüşü açısından Semmes Weinstein Monofilament Testini kullandık.Median sinir için 2.parmak pulpası ,ulnar sinir için 5.parmak pulpası referans alındıRMUP ü ilk 3 ayda pozitifleşen olguların 3.ay ,6.ay ve 12.ay monofilament testi anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur. ($p<0.016$, $p<0.014$, $p<0.005$).

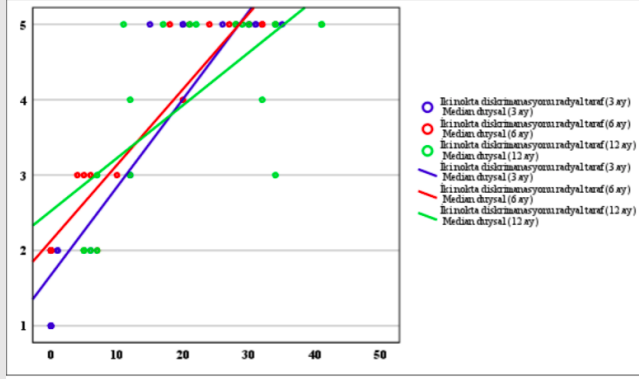
Ancak RMUP pozitifliği görülen olgularda ulnar sinir monofilament test değerlendirilmesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır.Bu aşamada bizim yorumumuz median sinir iyileşmesi erken evrede RMUP pozitifliği bize takiplerde hafif dokunma duyusunun grade 3-5 (3.84-1.65)arasında iyileşeceğini göstermekle beraber aynı durum ulnar sinir için geçerli değildir.

RMUP ilk 3 ayda pozitif olguların olguların median motor ve duysal amplitüdleri arasında ilk 3 ayda istatistiksel bir bağlam bulamasa da) 6.ay ve 12.ay kontrol emglerde kendini istatistiksel olarak anlamlı gösterdiği saptanmıştır.($p<0.021$, $p<0,018$)

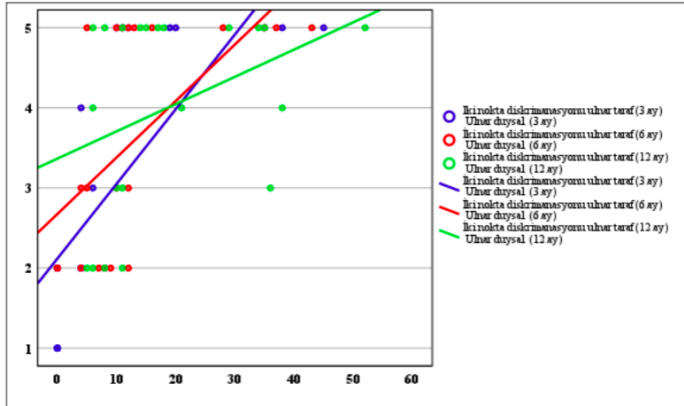
Ancak bu istatistiksel uyumu ulnar sinir için sadece 12. ay kontrol duysal amplifikasyon değerlerinde saptayabildik. ($p<0.023$) Motor amplifikasyon değerleriyle RMUP ü arasında bir korelasyon saptayamadık.

İki bağımsız grup olarak EMG de median ve ulnar sinir parametreleri ile klinik değerlendirme yöntemi olarak iki nokta diskriminasyonu (radyal ve ulnar taraf olarak) ve monofilamen testi karşılaştırdık.Biz alışmamızda iki nokta diskriminasyonu için 15 mm den küçük olanları klinik olarak iyi sonuç grubuna alırken 15 mm den büyük ve koruyu duyu bir

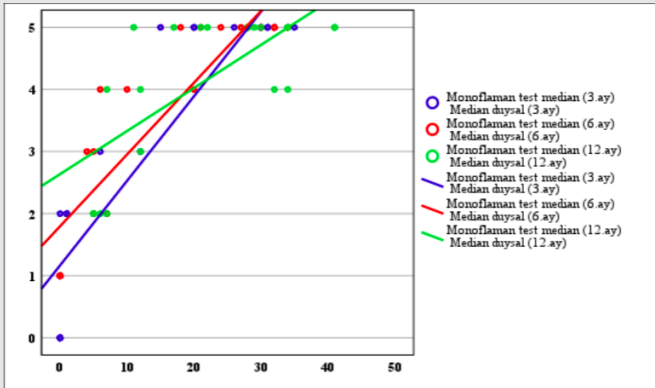
nokta algılamayı klinik olarak kötü sonuç grubuna aldık. Monofilament test olarak grade 2 ve üstünü iyi sonuç grade 2 altını ise kötü sonuç grubuna aldık.



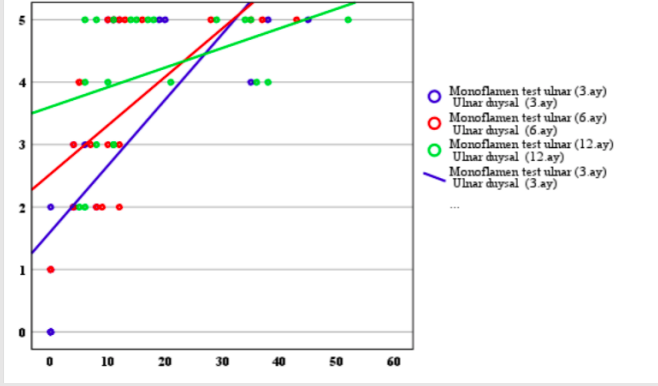
Tablo 23 Median sinir duyu amplifikasyon ile iki nokta diskriminasyonu korelasyonu



Tablo 24 Ulnar sinir duyu amplifikasyon ile iki nokta diskriminasyonu korelasyonu



Tablo 25:Median sinir duysal amplifikasyon ile Monofilament test median taraf korelasyonu



**Tablo 26:Ulnar sinir duysal amplifikasyon
ile Monofilament test ulnar taraf
korelasyonu**

6.TARTIŞMA

Periferik sinir, sinir lezyonlarından sonra yenilenme kapasitesine sahiptir; kas motor ünitelerinin yeniden innervasyonu sırasında yavaş yavaş yeniden kurulur. Bu çalışmanın amacı, sinir onarımından sonra fonksiyonel kapatise ve duysal dönüşün geri kazanılmasıyla ilgili olarak motor ve duyu birimlerin yeniden kurulması ve yeniden modellenmesi sürecini takip etmektir. Median ve ulnar sinir kesileri, uygun şekilde tedavi edildiğinde genellikle iyi sonuçlar verir. Erken tanı, cerrahi onarım ve rehabilitasyon süreçleri önemlidir. Bununla birlikte, her hasta farklıdır ve iyileşme süreci ve sonuçları kişiden kişiye değişebilir. Sinir kesilerinin tamamen onarılamadığı durumlarda, rehabilitasyon tedavisi ve kullanımı kolaylaştıran cihazlar yardımcı olabilir. Bazı hastalarda ise kalıcı sekeller kalabilir ve bu durum yaşam kalitesini etkileyebilir. Ağrı, his kaybı, kas zayıflığı ve el işlevinde kısıtlamalar gibi problemler ortaya çıkabilir. Bu nedenle, sinir kesileri önemli bir tıbbi sorun olarak kabul edilmeli ve uygun tedavi ve rehabilitasyon stratejileri kullanılmalıdır.

Önkol seviyesinde periferik sinir yaralanmalarında 3.ay, 6.ay ve 12.ay EMG değerlendirilmesinde 3.ayda erken RMUP saptanması fonksiyonel geri dönüş için en iyi prognostik göstergelerden biridir. RMUP 3.ayda pozitif olanların takiplerde 6. ve 12.aydaki kavrama kuvvetleri ,palmar pinch kuvvetleri key pinch kuvvetler daha yüksekti. Erken RMUP pozitifliği soğuk intoleransı varlığı 12.ayda daha iyi olduğu ve 6.ay ve 12. ayda da Qdash ve kapandji skorları daha iyiydi. Yine bu çalışmadaki veriler ışığında ulnar sinir tuzak nöropatilerinde sıklıkla değerlendirilen froment, wartenberg bulgusunun erken RMUP pozitifliği olanlarda daha azdı.

Krarp ve arkadaşları 2016 da yaptıkları “Kantitatif elektromiyografi ile incelenen sinir rejenerasyonundan sonra motor ünitelerin yeniden modellenmesi” adlı çalışmada Kollajen sinir kanalı (11 sinir) veya primer sinir tamiri (10 sinir) ile onarılan distal önkolda kısa gap uzunlukları olan tam median veya ulnar sinir lezyonlarında kasın yeniden inervasyonu klinik ve elektrofizyolojik çalışmada 24 aylık gözlem sonucu motor birimlerin yeniden kurulmasını RMUP ve uyarılmış bileşik kas aksiyon potansiyelinin (BKAP) kaydedilmesiyle incelemiştir Erken reinnervasyonda ortaya çıkan motor ünite potansiyellerin BKAP 'ları kademeli olarak

arttırdığını ve RMUP lerin motor akson ve birimlerin sayısından daha iyi kuvvet geri kazanımını gösterdiği bildirdi.[121] Bu çalışmada iyileşme değerlendirmesi onarımdan 1, 3, 6, 12, 18 ve 24 aylık kontroller ile yapılıyor.

Tam duysal fonksiyon dönüşü çocuklara göre yetişkinlerde sinir tamiri sonrasında nadirdir.Özellikle 10 yaş altındaki çocuklarda yapılan sinir onarımının iyi sonuçlandığı literatürde birçok kez gösterilmiştir. [87,88,89] Bizim çalışmamızda da erken RMUP pozitifliği olanların yaş ortalaması istatistiksel olarak anlamlı daha küçük olduğu saptanmıştır.

Hundepool ve arkadaşları Medyan, ulnar ve kombine median-ulnar sinir yaralanmalarında prognostik faktörler adlı prospektif bir çalışmada cinsiyet yaş eğitim sinir yaralanması şekli,eşlik eden arteryal yaralanmaların fonksiyonel iyileşme açısından etkili olduğunu sigaranın ise sinir iyileşmesini etkilemediğini bildirmişlerdir.Yine bu çalışmada Prognostik faktörlere ilişkin ileriye dönük analizinde ön kolun medyan ve/veya ulnar sinirinin periferik sinir yaralanmalarından sonra fonksiyonel iyileşme için öngörücü olabilecek faktörler olarak .El hassasiyeti ,güçlü kavrama ve DASH skoru (DASH, Disabilities of Arm, Shoulder and Hand) bu çalışmada en iyi üç prognostik faktör olarak kanıtlanmıştır.[96]

Biz de çalışmamızda sinir iyileşmesinin motor kuvvet geri dönüş prognostik faktörleri için güçlü kavrama ve pinch kuvvetlerini değerlendirdik. RMUP ü 3.ayda pozitif olanların 3.ay kavrama kuvvetleri benzer olsa da takiplerde 6. ve 12.aydaki kavrama kuvvetleri daha iyi olduğu bulunmuştur.

Kilinc ve arkadaşları 39 kişilik seride 40 sinir için el bileğinde median ve ulnar sinir kesilerinin 23 aylık takipte sonuçlarında ortalama kavrama kuvvetindeki kaybı karşı tarafa göre %70 olarak bulmuşlardır.[98]Bizim çalışmamız da benzer olarak ortalama kavrama kuvveti sağlam taraf ile kıyaslandığında 12. ay sonunda opere tarafta %66.4 olarak bulunmuştur.

Median sinir için RMUP'ü 3 .ayda pozitif olan olguların 1-2 palmar pinch kuvvetleri 6.ay ve 12.ay takiplerde daha iyi olduğu bulunmuştur. Ulnar sinir için RMUP'ü 3 ayda pozitif olguların 1-2 tip pinch kuvvetleri 12. ayda daha iyi olduğu 1-2 key pinch kuvvetlerinin ise 6.ve 12.ayda

daha iyi olduğu bulunmuştur.Bizim yorumumuz RMUP erken dönemde saptanması bize sinir iyileşmesi açısından takiplerde iyi bir prognostik gösterge olabileceğı yönündedir.Aynı şekilde 3 ay ve 6 ay RMUP negatifliğı olanların takiplerde motor ve duysal geri dönüş açıdan yetersiz iyileşme ile sonuçlanacağını ön görebilmekteyiz.

Coskunol ve arkadaşları 1990 yılında ulnar sinir yaralanmaları ile ilgili yaptıkları çalışmada temiz ve düzgün kesisi olan vakalarda sonuçların daha iyi olduğunu bildirmişlerdir.[89] Bizim çalışmamızda da cam ile düzgün kesilerinin delici kesici alet ile yaralanmalara göre hem 3.ay ve hem de 6.ay daha erken RMUP pozitifliğı verdiği gösrerilmiştir.Bizim çalışmamızda cinsiyet,sigara ve eşlik eden arteryel yaralanma ile emg parametleri arasında istatiksel anlamlı bir durum saptanmamıştır. RMU'ü 3. ay ve 6.ayda pozitif olanların 3.ay/6.ay ve 12. ay quik dash skorları daha iyi olduğı gösterilmiştir.

Vakalarımızda mikroskop vey a loop büyütmesi altında epinöral sütü tekniğı kullanılmıştır.Yapılan deneysel ve klinik çalışmalar fasiküler tamirlerin epinöral tamirlere üstünlüğü gösterememiştir.[120] Periferik sinir yaralanmalarında uygun tedavi yöntemi primer tamir olup en iyi tedavi sonuçlarına bu yöntemle erişilebilmektedir.Yapılan bir çalışmada median ve ulnar sinir kesilerinde primer,geç ve greft ile tamir sonuçların karşılaştırılmasında en iyi sonuç primer tamir uygulanan genç erişkinlerde saptanmıştır.[90],Bizim çalışmamızda sadece primer ve geç primer onarım yapılan hastalar çalışmaya dahil edilmiş olup greft ile tamir yapılan hastalar çalışma dışında bırakılmıştır.Coskunol ve arkadaşları 26 olguluk ulnar sinir tamirinde primer ve sekondar tamir sonuçları arasında anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir.[89]Bizim serimizde de primer ve geç primer onarım arasında EMG parametreleri ile istatiksel anlamlı bir fark saptanmamıştır.

Sinir onarımını izleyen fizyolojik süreçler yaralanmanın sinir hücrelerine olan mesafesine,akson rejenerasyon kapasitesine,korteksde motor ve somatosensoriyal reorganizasyon durumuna göre değişiklik göstermektedir.Klinik sonuçlar genellikle tam değildir.Oluşan semptomlar somatosensoriyal yetersizlik , motor fonksiyon yetersizliğı,agrı ,sempatik aktivasyon bozukluğu,hayat kalitesinin bozulması ,iş ve sosyal hayat

problemleridir.[91] Serimizde ağrı değerdendirilmesi için kullanılan VAS skoru ile emg parametreleri arasında herhangi bir bulgu saptanmamıştır.

Biz çalışmamızda hayat kalitesini ve üst ekstremite işlevsel durumu belirlemek için Quikdash ve VAS skorunu kullandık.Isveç ulusal el cerrahisi tarafından kayda alınan dijital sinir yaralanmaları ile yapılan 3204 hastada Onarılmış bir dijital sinir yaralanmasından sonra soğuşa duyarlılık, fonksiyonel yetersizlik ve öngörme faktörleri adlı çalışmada fleksör tendon yaralanması, el kırığı ve çoklu yapıların yaralanması, 12 ayda soğuşa duyarlılığı kötüleştirdi orta ve şiddetli soğuşa duyarlılığı olan bireyler, hafif soğuşa duyarlılığı olanlara göre ameliyat sonrası üçüncü ve 12. aylarda daha yüksek QuickDASH skorlarına sahip olduğu ve Fleksör tendon yaralanması, çoklu yapı yaralanmaları ve diyabetin QuickDASH skorları üzerinde postoperatif üçüncü ayda anlamlı etkisi olduğunu ancak etkisini 12. ayda kaybettiğini göstermiştir.[92]Bizim çalışmamızda rejenerasyon motor unit potensiyeli 3.ayda pozitifleşen olgularda soğuk intoleransı varlığı 12.ayda daha iyi olduğu ve 6.ay ve 12. ayda da Qdash ve kapandji skorları istatistiksel olarak anlamlı daha iyi olduğu bulunmuştur.Literatürde bu bağlamda ortaya konmuş bir çalışma bulunmamaktadır.

Yapılan çalışmalarda motor fonksiyonlar da ulnar sinir dönüşü median sinire göre seviye yükseldikçe daha kötü bulunmuştur.[94]Bizim çalışmamızda da median sinir yaralanmalarının işe dönüş ve rehabilitasyon süreleri ulnara göre istatistiksel olarak anlamlı daha kısa bulsak da kavrama ve pinch kuvvetleri ve duysal dönüş açısından ikisi arasında istatistiksel bir bağlam bulamadık.Bunun sebebi olgu ve örneklem yetersizliğine olabilir.

Widgerow,median ve ulnar sinir kombine kesisi bulunan 11 hastalık serisinde kombine kesilerin sonuçları olumsuz etkilediğini belirtirken,Gaul ve Hudson kombine median ve ulnar sinir kesilerinin sonuçları kötü etkilemediğini bildirmiştir.[95,96]Bizim çalışmamızda duysal değerdendirme açısından bir yıllık takipte BMRC duyu skalasında median ve ulnar sinir açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanamamış olsa da emgde motor ve duysal değerdendirme açısından rejenerasyon müp ü ilk 3 ayda pozitifleşen olguların 6. ve 12 ay kontrol Emglerinde hem duyu hem motor amplitudleri istatistiksel olarak daha iyi olduğu saptanırken ulnar sinir için sadece 12.ay duysal amplifikasyon degerleri daha iyi saptanmış olup

motor amplifikasyon değerleri ile anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Bu aşama da bizim yorumumuz median sinirin ulnar sinire göre EMG de daha erken bulgu verdiği başka bir deyişle ulnar sinire göre daha erken iyileştiğini göstermektedir.

Biz olgu yetersizliğinden dolayı istatistiksel olarak bir veri ortaya koyamasaık da 6 olguya ait kombine sinir kesilerini 12 aylık izlemde rejenerasyon mpn sadece yaşları 21 ve 27 olan 2 geç olguda median sinirde görebildik.Diğer 4 olguda hiçbir ayda rejenerasyon mp ve dolayısıyla takiplerinde emgde herhangi bir iletim saptayamadık.Bu 4 olguya ait ulnar sinirlerde 12 ay sonunda sadece koruyucu duyu(bir nokta algılama) geri dönerken median sinirde iki nokta diskriminasyonu zayıf (11-15 mm) olarak geri döndü.12 ay sonunda bu 4 olguda ulnar sinir motor iyileşme yetersizliğine bağlı intrinstik kaslarda atrofi ve pençeleşme gelişti.

Ozaksar ve arkadaşları median ve ulnar sinir kombine kesilerinin uzun dönem sonuçlarında kavrama kuvvetindeki kaybı %20.2 belirtmişlerdi [86] bizim alışmamızda Ortalama kavrama kuvveti sağlam taraf ile kıyaslandığında Ortalama kavrama kuvvetindeki kayıp 3.ay da %74.3 iken 12.ay sonunda %33.6 olarak bulunmuştur.Ancak bizim takiplerimiz sadece bir yıl olması kaybın fazla olmasında etkili olmuş olabilir.Yine bu çalışmada pinch kuvvetlerinde en fazla güç kaybı %57,33 ile oppozisyon pinch kuvvetinde olmuştur ve biz çalışmamızda da benzer bir sonuç elde ettik.

Duysal değerlendirmelerimizde hasta ile sağlam taraf arasındaki bulgularda farklar anlamlı bulunurken median ve ulnar sinir arasındaki duysal dönüş açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. Median sinir duysal dönüş 12.ayda 3'nde s2 6'sında s3 3'nde s3+ 3'nde s4 olarak bulunmuş iken ulnar sinir duysal dönüş 7'sinde s2 6'sında s3 4'nde 3 ,3'nde s4 olarak bulunmuştur.Ortalama sinir iyileşmesi 12 aylık takipte iki sinir içinde s3 olarak bulunmuştur.3.ay , 6.ay ve 12 ayda iki sinir arasında duysal dönüş açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır.Kombine kesiler hariç hiç birinde kötü sonuca rastlanmamıştır.

Birch ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 26 sı median 22 si ulnar sinire ait kesilerde ortalama iyileşmeyi iki sinir için de s3+ bulmuş olup bu çalışmada takip süreleri bizim çalışmamızdan daha uzun olmasının bu farkta etkisi olduğunu düşünmekteyiz. Yine bu çalışmada primer tamirlerde kötü sonuca rastlanmamıştır[97]

Kılınç ve arkadaşları el bileğinde median ve ulnar sinir kesileri primer tamir sonuçları olarak yayınladıkları çalışmada ortalama sinir iyileşmesini 23 aylık takipte s3 olarak bulmuşlardır. Aynı zamanda ulnar sinir kesisi sonrası vakaların %29 unda pençe el deformitesi geliştiğini ve kombine median ve ulnar lezyonların prognozunun özellikle kötü olduğunu ve sekonder palyatif cerrahi gerektiğini bildirmişlerdir.[98]

Bizim çalışmamızda benzer olarak ulnar sinir hasarında pençe el deformitesi 3. ayda hiç bir hastada göremesek de 6.ay %31 12.ay ise %33 olarak geliştiği bulunmuştur. Aynı zamanda Rejenerasyon Müp 3.ay ve ya 6.ay pozitifleşen olgularda takiplerde 6.ay ve 12.ay için pençel el deformitesinin daha az geliştiği saptanmıştır.

Duyarlılığı veya özgüllüğü daha önce bildirilmemiş olan Froment testi , ulnar sinirin bütünlüğünü değerlendiren yardımcı bir testtir.[99] Ulnar sinir hasarında Froment bulgusu 3.ay hastaların tümünde görülmesine rağmen 6.ayda %62 12 .ayda ise %38 olarak bulunmuştur. Aynı zamanda RMUP 3.ay pozitifleşen olgularda takiplerde 6.ay için istatistiksel bulgu vermese de 12.ay de froment bulgusu istatistiksel olarak daha az görüldüğü saptanmıştır.

Literatürde sıklıkla kubital tunel tuzak nörapatisinde ilişkisi kurulan[100] wartenberg bulgusunun ulnar sinir kesisi sonrası geri dönüş açısından değerlendiren çalışmalar nadirdir. Bizim çalışmamızda Ulnar sinir hasarında wartenberg bulgusu 3.ay hastalarda %70 ,6 ay %50 12.ay %44 olarak bulunmuştur.

RMUP 3.ay pozitifleşen olgularda takiplerde 6.ay için istatistiksel bulgu vermese de 12.ay da wartenberg bulgusu ile istatistiksel olarak daha az görüldüğü saptanmıştır.

RMUP'ü 3.ay ve ya 6.ay pozitifleşen olgularda 12.ayda sudomotor ve trofik değişikler arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki saptanmıştır

Kılınç ve arkadaşları 2009 yayınladıkları çalışmada el bileğinde median ve ulnar sinir kesilerinin uzun dönem sonuçlarında soğuk intoleransını %42 olarak bildirmişlerdir.[98]Bizim çalışmamızda soğuk intoleransı 3.ayda %44 6.ayda %40 12. ayda ise %33 olarak bulunmuştur.Ayrıca çalışmamızda erken RMUP pozitifleşen olgularda soğuk intoleransı varlığı 3.ve 6.ayda kendini istatistiksel olarak göstermemesine rağmen takiplerde 12.ayda istatistiksel olarak anlamlı daha az görüldüğü saptanmıştır.Literatürde bu bağlamda ortaya konmuş bir çalışma bulunmamaktadır.

Post ve arkadaşları 2012 yılında yüksek ulnar sinir lezyonları olan 40 hastanın sinir onarımı sonrası İki nokta ayırımın hiçbir zaman 12 mm'nin altına ulaşmadığını bildirmişlerdir.[104. Bizim Çalışmamızdaki nokta diskriminasyonu >15mm olanları (S0-S2) yetersiz iyileşme, yüzeysel dokunma hissi varlığı ve iki nokta diskriminasyonu <15mm olanları(S3-S4) yeterli iyileşme olarak kategorize ettik ve bu veriler ile rejenerasyon müp karşılaştırılmasında 3.ay pozitifleşen tüm olgularda iki nokta diskriminasyonu değerleri 3.ay 6. ay ve 12 .ay kontrollerde daha iyi olduğu saptanmıştır.

Dellon ve arkadaşları sinir iyileşmesinde duysal testlerden en iyisinin statik iki noktalı ayırım testiyle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.Dellon statik iki nokta ayırımı ile obje tanıma zamanı arasında korelasyonu ortaya koymuştur.[105]

Bizim çalışmamızda ise iki nokta diskriminasyon ile median sinir ve ulnar sinir duysal amplifikasyonları arasında 3.ayda çok yüksek derece 6.ayda yüksek ve 12.ayda orta derecede pozitif korelasyon gösterdiği saptanmıştır.Literatürde benzer şekilde ortaya konmuş bir çalışma bulunmamaktadır..

Sinir tamirleri sonrası rejenerasyon ve fonksiyonel kapasitenin geri dönüşü uzun yıllar almaktadır.Tam dönüş yetişkin hastalarda umulmamalıdır.Bu hastaların uzun takiplerinde klinik testler sinir fibrillerinin yenilenmesi ile motor ve duysal fonksiyonların geri kazanılmasını

belirlemek için gereklidir. Duyunun değerlendirilmesinde bir çok test bulunmasına rağmen en iyi test hangisidir konusunda bir fikir birliği yoktur.[106]

Sunderland ve arkadaşları denervasyon atrofisini başlangıçta hızlı kas kas kaybı 29 günde %30 kayıp 60 güne kadar %60'e yakın kayıp olduğunu ortaya sürecin daha sonra yavaşladığını ve 120 gün sonra ağırlık kayıp %60 ile %80 arasında değiştiğini saptamışlar.[107] İnsan biyopsi çalışmalarında belirgin fibrozis ilk 3 ayda ortaya konmuştur total denervasyon periyodu boyunca giderek artmıştır. Gutman ve ark denervasyonun tavşanlarda 8 ay sonra motor son plakta bozulduğunu göstermişlerdir.[108]

Ji-Geng Yan ve arkadaşları 2008 yılında fareler üzerinde yaptıkları çalışmada intraoperatif nörolizinin etkinliğini elektrofizyolojik olarak değerlendirdiği bir çalışmada crush sinir yaralanması sonrası takipte 3. ay nöroliz yapılanların emgdde amplitudleri daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.[109] Belki de sinir tamiri sonrası kontrol emg de rejenerasyon mup gelişmeyen olgularda erken dönemde revizyon nöroliz bir seçenek olabilir.

Krarup ve arkadaşları 2002 yılında İnsan olmayan 46 primatda median sinir lezyonlarının iyileşmesini 3-4 yıl boyunca seri elektrofizyolojik teknikler kullanılarak takip etti. Çalışmada abductor pollicis brevis kasındaki bileşik kas aksiyon potansiyelleri(BKAP), yeniden innerve edilen kaslara ait potansiyeller (RMUP), sinir aralığı mesafesi ve onarım tipi bakıldı. Erken Rejenerasyon motor unit potansiyeli iyileşmeye kadar geçen süreyi güçlü bir şekilde etkilediğini bildirdiler.. Erken aksonal büyümeyi kontrol eden faktörlerin yıllar sonra ulaşılan nihai iyileşme seviyesini etkilediğini bildirdiler. [12] Ayrıca sinir lezyonlarından sonra iyileşmenin optimal olması için aksonların distal sinir boyunca büyümesi gereken bir zaman penceresinin var olduğunu bilinmektedir.

Madison ve arkadaşları Primatlarda periferik sinir sisteminde motor yeniden inervasyona katkıda bulunan faktörlerle ilgili yaptıkları çalışmada rejener motor nöronlar beklenenden önemli ölçüde daha yüksek seviyelerde kasları yeniden innerve ettiğini ve kas denervasyonunun başlangıç süresi ile sonraki son motor ünite amplitüdları arasında negatif korelasyon olduğu

bildirdiler.Aynı zamanda reinerve motor unitelerinin sayısı ile BKAP genlikleri arasında korelasyon olduğunu bildirdiler.[25]

Biz çalışmamızda ortaya koyduğumuz bu veriler ışığında periferik sinir tamiri sonrası takiplerde Emg kullanımı ile fonksiyonel iyileşme beklentimizi önceden tahmin edilebilir nicel bir zemine koyduğumuzu düşünmekteyiz.

Duysal ve motor fonksiyon geri dönüşü açısından ortaya koyduğumuz veriler ile sinir rejenerasyon kapasitesi için var olan zaman penceresi içinde olası kötü sonuçlar ve denervasyon atrofi gelişmeden ek müdahaleler açısından bize fikir sunabileceğini düşünmekteyiz.

Çalışmamızın bazı kısıtlı yönleri vardı.Çalışmamız retrospektif bir doğada incelenmiştir.Büyük sayıda hasta grubu takiplerine gelmeyen ve ya ulaşılamayan uyumsuz hastalardı.El bileği düzeyinde karmaşık anatomik yapı sebebiyle hastalarımızın bir çoğu izole sinir yaralanması değildi ve yaralanma şekilleri farklılıklar gösteriyordu.

Çalışmamızın güçlü yönleri merkezi ve deneyimli bir el cerrahi kliniğimizin olması yanında hastaların kontrol zamanlarında uygun tarihte elektrofizyolojik değerlendirmeleri yapan bir noroloji kliniği ve

7.SONUÇ

Periferik sinir sisteminde rejenerasyon, hasarın türü ve boyutu veya onarımın yöntemi veya zamanlaması gibi hangi faktörlerin fonksiyonel iyileşme derecesini belirlediği bilinmekle beraber halen eksik yönleri vardır. Çalışmamız fonksiyonel yeterlilik ve hasta memnuniyeti açısından bir çok değişken içermektedir.Tüm gayretlere ragmen %64.4 oranında katılım sağlanabilmiştir.Çalışmanın büyük kısmını cama yumruk atan impulsif,uyumsuz baskın olan sağ tarafı yaralanmış genç yaş grubundaki erkekler olmuştur.Cam ile yaralanmalarının diğer bir çok çalışmada belirtildiği gibi anlamlı bir şekilde daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.Bu durumun camın düzgün ve temiz bir kesi oluşturmasıyla ilişkili olduğunu düşünmekteyiz.Cinsiyet,sigara kullanımı ve eşlik eden arteryel yaralanmanın olması klinik ve fonksiyonel sonuçları etkilemediği görülmüştür.Ancak genç yaşın fonksiyonel sonuçlar ve elektromyografik testlere anlamlı düzeyde olumlu etkilediği görülmüştür.Erken RMUP pozitifliği erken işe dönüş açısından anlamlıydı.

Önkol seviyesinde periferik sinir yaralanmalarında 3.ay, 6.ay ve 12.ay EMG değerlendirilmesinde 3.ayda erken RMUP saptanması fonksiyonel geri dönüş için en iyi prognostik göstergelerden biridir.RMUP 3.ayda pozitif olanların takiplerde 6. ve 12.aydaki kavrama kuvvetleri ,palmar pinch kuvvetleri key pinch kuvvetler daha yüksekti.Erken RMUP pozitifliği soğuk intoleransı varlığı 12.ayda daha iyi olduğu ve 6.ay ve 12. ayda da Qdash ve kapandji skorları daha iyiydi.Yine bu çalışmadaki veriler ışığında ulnar sinir tuzak nöropatilerinde sıklıkla değerlendirilen froment,wartenberg bulgusunun erken RMUP pozitifliği olanlarda daha azdı.

Sinir tamirleri sonrası rejenerasyon ve fonksiyonel kapasitenin geri dönüşü uzun yıllar almaktadır.Tam dönüş yetişkin hastalarda umulmamalıdır.Bu hastaların uzun takiplerinde klinik testler sinir fibrillerinin yenilenmesi ile motor ve duysal fonksiyonların geri kazanılmasını belirlemek için gereklidir.Duyunun değerlendirilmesinde bir çok test bulunmasına rağmen en iyi test hangisidir konusunda bir fikir birliği yoktur.Biz çalışmamızda ortaya koyduğumuz bu veriler ışığında periferik sinir tamiri sonrası takiplerde Elektromyografik testler kullanımı ile fonksiyonel iyileşme beklentimizi önceden tahmin edilebilir nicel bir zemine koyduğumuzu düşünmekteyiz.

8.KAYNAKLAR

- 1.Afsal M, Chowdhury V, Prakash A, Singh S, Chowdhury N. Evaluation of peripheral nerve lesions with high-resolution ultrasonography and color Doppler. *Neurol India*. 2016 Sep-Oct;64(5):1002-9. doi: 10.4103/0028-3886.190269. PMID: 27625246
- 2.Haerer, A.F., Disorders of the peripheral nerves, “Dejong s The Neurologic Examination” (Ed. M.K. Smith)’ da V.Baskı, Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, s. 549-567, 1992.
- 3.M. Siemionow and G. Brzezicki, “Chapter 8 current techniques and concepts in peripheral nerve repair,” *International Review of Neurobiology*, vol. 87, no. C, pp. 141–172, 2009.
- 4.J. G. Thomson, “Median and ulnar nerve injuries: A meta-analysis of predictors of motor and sensory recovery after modern microsurgical nerve repair: Discussion,” *Plastic and Reconstructive Surgery*, vol. 116, no. 2, pp. 495–496, 2005.
- 5.Smith, P., Reconstruction, “Lister’s The Hand”, IV. Baskı, Churchill Livingstone, London, 2002.
- 6.Berry M, Bannister LH, Standring SM. Nervous system. *Gray’s anatomy*. 38th ed. Williams P.L. Churchill Livingstone, Edingburgh, s:904,1995)
- 7.Krarup C, Boeckstyns M, Ibsen A, Moldovan M, Archibald S. Remodeling of motor units after nerve regeneration studied by quantitative electromyography. *Clin Neurophysiol*. 2016 Feb;127(2):1675-1682. doi: 10.1016/j.clinph.2015.08.008. Epub 2015 Sep 7. PMID: 26358884.
- 8.https://www.researchgate.net/figure/Anatomy-of-brachial-plexus_fig2_355437409
- 9.Schmitt S, Castelvetti LC, Simons M. Metabolism and functions of lipids in myelin.*Biochim Biophys Acta* 1851: 999–1005, 2015.
- 11.Garbay B., Heape AM., Sargueil F., et al, Myelin synthesis in peripheral nervous system. *Prog Neurobiol.*, 61, 267-304, (2000).
- 12.Krarup C, Archibald SJ, Madison RD. Factors that influence peripheral nerve regeneration: an electrophysiological study of the monkey median nerve. *Ann Neurol* 2002;51:69–81
- 13.Reproduced with permission from Reina MA, De Andres JA, Hernández JM, et al: Successive changes in extraneural structures from the subarachnoid nerve roots to the peripheral nerve, influencing anesthetic block, and treatment of acute postoperative pain. *Eur J Pain. Suppl* 2011;5(2):377-385.)
- 14.Landers, M., Altenburger, P., Peripheral nerve injury, *Advances in Physiotherapy*, 5, 67-82, 2003.83
- 15.Burnstock, G., Milner, P., Nervous system, “Gray’s Anatomy” (Ed.M. Berry,L.H. Bannister, S.M.Standring)’ de XXXVIII. Baskı, Churchill Livingstone,New York,902-1327, 1995
- 16.Landers, M., Altenburger, P., Peripheral nerve injury, *Advances in Physiotherapy*, 5, 67-82, 2003.83
- 17.Rempel, D., Dahlin, L., Lundborg, G., Pathophysiology of nerve compression

- syndromes: Response of peripheral nerves to loading, *Journal of Bone and Joint Surgery.*, 81, 1600-1610, 1999
18. A modified QuickDASH-9 provides a valid outcome instrument for upper limb function
19. Hansson HA., Insulin-like growth factors and nerve regeneration. *Ann N Y Acad Sci.* , 692, 161-71, (1993).
20. Ronald JP, Robert RM. 1995. A diffusion-reaction model of nerve regeneration. *J Neurosci Methods* 60:79–88
21. Low PA, Lagerlund TD, McManis PG. 1989. Nerve blood flow and oxygen delivery in normal, diabetic, and ischemic neuropathy. *Int Rev Neurobiol* 31:355–438.
22. Smith DR, Koberne AI, Rizzoli HV. 1977. Absence of autoregulation in peripheral nerve blood flow. *J Neurol Sci* 33:347–352.
23. Ayhan S., Periferik sinir defektlerinin onarımında turnover epineural sheath tube’ün sinir rejenerasyonuna etkisi, (Uzmanlık Tezi), Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, (1998).
24. Cattin AL, Burden JJ, Van Emmenis L, Mackenzie FE, Hoving JJ, Garcia Calavia N, Guo Y, McLaughlin M, Rosenberg LH, Quereda V, et al. 2015. Macrophage-Induced Blood Vessels Guide Schwann Cell-Mediated Regeneration of Peripheral Nerves. *Cell* 162:1127–113
25. Madison RD, Archibald SJ, Lacin R, Krarup C. Factors contributing to preferential motor reinnervation in the primate peripheral nervous system. *J Neurosci.* 1999 Dec 15;19(24):11007-16. doi: 10.1523/JNEUROSCI.19-24-11007.1999. PMID: 10594081; PMCID: PMC6784932.
26. Brandt KE ve Mackinnon SE: Microsurgical repair of peripheral nerves and nerve grafts. *Grabb and Smith’s Plastic Surgery.* Aston SJ, Beasley RW, Thorne CHM. (eds) Lippincott-Raven, Philadelphia, s:82, 1997 ve Mackinnon SE. New directions in peripheral nerve surgery. *Ann. Plast. Surg.* 22: 257-64, 1989’ dan degistirilene
27. Microcystic/Reticular Schwannoma of the Mandible First Case Report and Review of the Literature
28. Caillaud M, Richard L, Vallat JM, Desmoulière A, Billet F. Peripheral nerve regeneration and intraneural revascularization. *Neural Regen Res.* 2019;14(1):24-33. doi:10.4103/1673-5374.243699
29. Archibald SJ, Shefner J, Krarup C, Madison RD. Monkey median nerve repaired by nerve graft or collagen nerve guide tube. *J Neurosci.* 1995 May;15(5 Pt 2):4109-23. doi: 10.1523/JNEUROSCI.15-05-04109.1995. PMID: 7751969; PMCID: PMC6578227.
30. Geuna S, Raimondo S, Ronchi G, Di Scipio F, Tos P, Czaja K, ve ark. Histology of the peripheral nerve and changes occurring during nerve regeneration. *International Review of Neurobiology.* 2009;87:27-46.
35. Trapp BD (1989) Wallerian degeneration in the peripheral nervous system: participation of both Schwann cells and macrophages in myelin degradation. *J Neurocytol* 18:671-683
36. Boeckstyns ME, Sørensen AI, Viñeta JF, Rosén B, Navarro X, Archibald SJ, Valss-Solé J, Moldovan M, Krarup C. Collagen conduit versus microsurgical neurorrhaphy: 2-year follow-up of a prospective, blinded clinical and electrophysiological multicenter randomized, controlled

trial. *J Hand Surg Am*. 2013 Dec;38(12):2405-11. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.09.038. Epub 2013 Nov 5. PMID: 24200027.

37. Caillaud M, Richard L, Vallat JM, Desmoulière A, Billet F. Peripheral nerve regeneration and intraneural revascularization. *Neural Regen Res*. 2019;14(1):24-33. doi:10.4103/1673-5374.243699

38. Renno WM, Benov L, Khan KM (2017) Possible role of antioxidative capacity of (-)-epigallocatechin-3-gallate treatment in morphological and neurobehavioral

39. Aberg M, Ljungberg C, Edin E, Millqvist H, Nordh E, Theorin A, Terenghi G, Wiberg M. Clinical evaluation of a resorbable wrap-around implant as an alternative to nerve repair: a prospective, assessor-blinded, randomised clinical study of sensory, motor and functional recovery after peripheral nerve repair. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2009 Nov;62(11):1503-9. doi: 10.1016/j.bjps.2008.06.041. Epub 2008 Oct 19. PMID: 18938119.

41. Panzer KV, Burrell JC, Helm KVT, Purvis EM, Zhang Q, Le AD, O'Donnell JC, Cullen DK. Tissue Engineered Bands of Büngner for Accelerated Motor and Sensory Axonal Outgrowth. *Front Bioeng Biotechnol*. 2020 Nov 20;8:580654. doi: 10.3389/fbioe.2020.580654. PMID: 33330416; PMCID: PMC7714719.

42. Ruijs, A. C., Jaquet, J. B., Kalmijn, S., Giele, H., and Hovius, S. E. (2005). Median and ulnar nerve injuries: a meta-analysis of predictors of motor and sensory recovery after modern microsurgical nerve repair. *Plast Reconstr. Surg.* 116, 484–494. discussion 495-6 doi: 10.1097/01.prs.0000172896.86594.07

43. Fawcett JW, Keynes RJ. Peripheral nerve regeneration. *Annu Rev Neurosci*. 1990;13:43-60.

44. Geuna S, Raimondo S, Ronchi G, Di Scipio F, Tos P, Czaja K, ve ark. Histology of the peripheral nerve and changes occurring during nerve regeneration. *International Review of Neurobiology*. 2009;87:27-46.

45. Brushart TM. Preferential reinnervation of motor nerves by regenerating motor axons. *J Neurosci*. 1988;8(3):1026-31.

46. Terzis JK., Smith KL., Repair and grafting of the peripheral nerve, Plastic Surgery, ed: Mc Charty JG. WB Saunders, Philadelphia (1990) Pp: 630-81, 1990.

47. thomas PK., Berthold CH., Ochoa J., Microscopic anatomy of the peripheral nervous system, Peripheral Neuropathy., 3rd edition. Ed: Dyck P., WB Saunders, Philadelphia (1993). Pp: 28-80.

48. Yormuk E, Özbek. Mikrovasküler cerrahi ve replantasyon 1-2, 28-33 *Nurol Matb.* Ankara 1983

49. Bayramıçlı M., Sinirde mikrocerrahi çalışması, Deneysel Mikrocerrahi Temel Araştırma Doku ve Organ Nakli Modelleri. Argos, İstanbul, (2005) Pp: 339-366.

50. Carvalho CR, Oliveira JM, Reis RL. Modern Trends for Peripheral Nerve Repair and Regeneration: Beyond the Hollow Nerve Guidance Conduit. *Front Bioeng Biotechnol*. 2019 Nov 22;7:337. doi: 10.3389/fbioe.2019.00337. PMID: 31824934; PMCID: PMC6882937. [L]_{SEP}51. Kline DG. Physiological and clinical factors contributing to the timing of nerve repair. *Clin Neurosurg* 1977; 24: 425-55.

- 52.Seddon HJ. Surgical Disorders of the Peripheral Nerves. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone 1972
- 53.Young L, Wray RC, Weeks PM. A randomized prospective comparison of fascicular and epineural digital nerve repairs. *Plast Reconstr Surg* 1981; 68: 89-93.
54. Canale ST, Beaty JH. Campbell's operative orthopaedics: Elsevier Health Sciences; 2012.
- 56.Daniel RK, Terzis JK. Reconstructive microsurgery. Boston: Little Brown and Company 1977.
- 57.Birch R, Bonney G, Wynn Parry CB. Surgical disorders of the peripheral nerves, 1st ed. Churchill Livingstone, Edingburgh, s:23, 1998)
- 58.Lundborg G., Nerve regeneration and repair, A review. *Acta Orthop Scand.*, 58, 145-69, (1987). [SEP]59.<https://plasticsurgerykey.com/techniques-of-nerve-repair/>
- 60.Smahel J., Meyer VE., Bachem U., Glueing of peripheral nerves with fibrin, experimental studies. *J Reconstr Microsurg.*, 3, 211-20, (1987). [SEP]61.Childe JR, Regal S, Schimoler P, Kharlamov A, Miller MC, Tang P. Fibrin Glue Increases the Tensile Strength of Conduit-Assisted Primary Digital Nerve Repair. *Hand (N Y)*. 2018 Jan;13(1):45-49. doi: 10.1177/1558944717691131. Epub 2017 Feb 1. PMID: 28718327; PMCID: PMC5755864.
- 62.Lundborg G: Nerve Injury and Repair. New York: Churchill Livingstone, 1988, pp 199-200.)
- 63.Mafi P, Hindocha S, Dhital M, Saleh M. Advances of peripheral nerve repair techniques to improve hand function: a systematic review of literature. *Open Orthop J*. 2012;6:60-8. doi: 10.2174/1874325001206010060. Epub 2012 Feb 23. PMID: 22431951; PMCID: PMC3293170.
- 62.Kim MJ, Kang JW, Kim GY, Lim SG, Kim KH, Park BK, Kim DH. Diagnosis of Pure Ulnar Sensory Neuropathy Around the Hypothenar Area Using Orthodromic Inching Sensory Nerve Conduction Study: A Case Report. *Ann Rehabil Med*. 2018 Jun 27;42(3):483-487. doi: 10.5535/arm.2018.42.3.483. PMID: 29961748; PMCID: PMC6058594.
- 63.https://www.researchgate.net/publication/290471717_Tuzak_noropatilerde_elektrofizyolojik_incelemeler
- 64.Siemionow M, Brzezicki GJIron. Current techniques and concepts in peripheral nerve repair. 2009;87:141-72.
- 65.Gren DP,Hotchkiss RN,Pederson WC.Brushart M.T. Nerve repair and grafting
- 67.Moore KL : Clinically Oriented Anatomy.Ed 2.Baltimore, Williams&Wilkins 629-793,1985
- 68.Papathanassiou BT:A variant of the motor branch of the median nerve in the hand.*J Bone Joint Sure* 50B 156-157,1968
- 69.Bhadra N, Keith MW, Peckham M.: Variations in the innervation of the Repair digitorum profundus muscle. *J Hand Surg* 24A: 700-703, 1923
- 70.Botte MJ, Cohen MS, Lavernia CJ: The dorsal branch of the ulnar nerve: Anatomic study. *J Hand Surg* 15A: 603-607, 1990
- 71.Hoppenfeld S, deBoer P: Surgical exposures in orthopaedics. Philadelphia, IBLippicott1-214,1994.Lipincott 1-214, 1994

72. Andrews K, Rowland A, Pranjal A, Ebraheim N. Cubital tunnel syndrome: Anatomy, clinical presentation, and management. *J Orthop*. 2018 Aug 16;15(3):832-836. doi: 10.1016/j.jor.2018.08.010. Erratum in: *J Orthop*. 2020 Dec 14;23:275. PMID: 30140129; PMCID: PMC6104141.
73. Department of Anatomy Jagiellonian University Medical College ul. Kopernika 12, 31-034 Kraków, Poland Head: prof. dr hab. Jerzy A. Walocha^[1]
74. Doolabh V, Hero MC, Mackinnon SE. The risk of conduits in nerve repair: a review 1996;7:4784
75. Konig PS, Hage JJ, Bloem JJ: Variations of the ulnar nerve and ulnar artery in Guyon's canal: A cadaveric study. *J Hand Surg* 19A;617-22, 1994
76. Leibovic SJ, Hasting HN: Martin Gruber revisited. *J Hand Surg* 17A:47-53, 1992
77. Kozin SH: The anatomy of the recurrent branch of the median nerve. *J Hand Surg* 23A: 852-858, 1998
78. Tams KO: Martin-Gruber connections in South Africa. An anatomical study. *J Hand Surg* 22B:328-330, 1989.
79. Shu HS, Chantelot C, Oberlin C: Martin-Gruber communicating branch: Anatomical and histological study. *Surg Radiol Anat* 21:115-118, 1999
80. Weinstein, S. (1993) Fifty-years of somatosensory research: From the Semmes-Weinstein monofilaments to the Weinstein Enhanced Sensory Test. *Journal of Hand Therapy*, 6, 11-22.
81. Koris M, Gelberman RH, Duncan K, Boublick M, Smith B. Carpal tunnel syndrome. Evaluation of a quantitative provocative diagnostic test. *Clin Orthop Relat Res*. 1990 Feb;(251):157-61.
82. Schreuders TA, Selles RW, van Ginneken BT, Janssen WG, Stam HJ. Sensory evaluation of the hands in patients with Charcot-Marie-Tooth disease using Semmes-Weinstein monofilaments. *J Hand Ther*. 2008 Jan-Mar;21(1):28-34; quiz 35. doi: 10.1197/j.jht.2007.07.020. PMID: 18215749.
83. Bruyns NPC, Jaquet JB, Schreuders AR, Kalmin S, Kuypers DL, Hovius ER. Predictors for return to work in patients with median and ulnar nerve injuries. *J Hand Surg* 28A: 28-34, 2003
84. Duruoz MT. *Hand function*. Springer-Verlag New York; 2016.
85. (Weddell ve diğerleri, 1944, Buchthal ve diğerleri, 1979, Borenstein ve diğerleri, 1980)
86. Özaksar K, Günay H, Küçük L, Coşkunol E. Long-term results of primary repair of combined cuts on the median and ulnar nerves in the forearm. *Ulus Travma Acil Cerrahi Derg*. 2017 Sep;23(5):410-414. doi: 10.5505/tjtes.2017.92744. PMID: 29052828.
87. Rayan GM. Proximal ulnar nerve compression. Cubital tunnel syndrome. *Hand Clin*. 1992 May;8(2):325-36. PMID: 1613040
88. Khoo D, Carmichael SW, Spinner RJ. Ulnar nerve anatomy and compression. *Orthop Clin North Am*. 1996 Apr;27(2):317-38. PMID: 8614581.
89. Coskunol E. Ulnar sinir yaralanmaları Ege üniversitesi ortopedi anabilim dalı

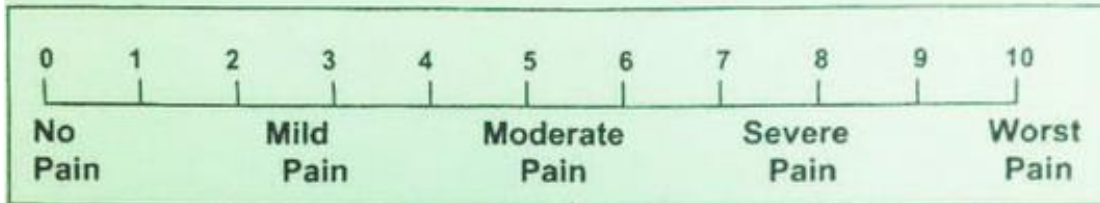
90. Contreras MG, Warner MA, Charboneau WJ, Cahill DR. Anatomy of the ulnar nerve at the elbow: potential relationship of acute ulnar neuropathy to gender differences. *Clin Anat*. 1998;11(6):372-8. doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(1998)11:6<372::AID-CA2>3.0.CO;2-R. PMID: 9800916.
91. Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg Am*. 2000 May;25(3):391-414. doi: 10.1053/jhsu.2000.4165. PMID: 10811744.
92. Frostadottir D, Ekman L, Zimmermann M, Andersson S, Arner M, Brogren E, Dahlin LB. Cold sensitivity, functional disability and predicting factors after a repaired digital nerve injury. *Sci Rep*. 2022 Mar 22;12(1):4847. doi: 10.1038/s41598-022-08926-2. PMID: 35318398; PMCID: PMC8941129.
93. Gordon T, Tyreman N, Raji MA. The basis for diminished functional recovery after delayed peripheral nerve repair. *J Neurosci*. 2011 Apr 6;31(14):5325-34. doi: 10.1523/JNEUROSCI.6156-10.2011. PMID: 21471367; PMCID: PMC6622714.
94. Bhadra N, Keith MW, Peckham PH. Variations in innervation of the flexor digitorum profundus muscle. *J Hand Surg Am*. 1999 Jul;24(4):700-3. doi: 10.1053/jhsu.1999.0700. PMID: 10447160.
95. Gaul JS Jr. Intrinsic motor recovery--a long-term study of ulnar nerve repair. *J Hand Surg Am*. 1982 Sep;7(5):502-8. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80048-8. PMID: 6752260.
96. Hudson DA, de Jager LT. The spaghetti wrist. Simultaneous laceration of the median and ulnar nerves with flexor tendons at the wrist. *J Hand Surg Br*. 1993 Apr;18(2):171-3. doi: 10.1016/0266-7681(93)90098-z. PMID: 8501364.
97. Birch R, Raji AR. Repair of median and ulnar nerves. Primary suture is best. *J Bone Joint Surg Br*. 1991 Jan;73(1):154-7. doi: 10.1302/0301-620X.73B1.1991753. PMID: 1991753.
98. Kilinc A, Ben Slama S, Dubert T, Dinh A, Osman N, Valenti P. Résultats de la réparation primaire des plaies du nerf médian et du nerf ulnaire au poignet [Results of primary repair of injuries to the median and ulnar nerves at the wrist]. *Chir Main*. 2009 Apr;28(2):87-92. French. doi: 10.1016/j.main.2009.01.001. Epub 2009 Feb 7. PMID: 19246233.
99. Clinical orthopedic examination findings in the upper extremity: correlation with imaging studies and diagnostic efficacy. Pandey T, Slaughter AJ, Reynold KA, Jambhekar K, David RM, Hasan SA. *Radiographics*. 2014;34:0–40.
100. Bertelli JA, Tavares KE. Little finger abduction and adduction testing in ulnar nerve lesions. *Hand Surg Rehabil*. 2018 Dec;37(6):368-371. doi: 10.1016/j.hansur.2018.09.006. Epub 2018 Oct 23. PMID: 30361046.
101. Bauer B, Chaise F. Correction of ulnar claw hand and Wartenberg's sign. *Hand Surg Rehabil*. 2022 Feb;41S:S118-S127. doi: 10.1016/j.hansur.2020.11.012. Epub 2021 Jul 24. PMID: 34311132.

102. Talley NJ, O'Connor S. Clinical examination: a systematic guide to physical diagnosis. Vol. 7. New South Wales, Australia: MacLennan & Petty Pty Limited; 2001. The nervous system; p. 40
103. Bauer B, Chaise F. Correction of ulnar claw hand and Wartenberg's sign. *Hand Surg Rehabil.* 2022 Feb;41S:S118-S127. doi: 10.1016/j.hansur.2020.11.012. Epub 2021 Jul 24. PMID: 34311132.
104. Post R, de Boer KS, Malessy MJA (2012) Outcome following Nerve Repair of High Isolated Clean Sharp Injuries of the Ulnar Nerve. *PLoS ONE* 7(10):e47928. doi:10.1371/journal.pone.0047928
105. Dellon AL, Kallman CH. Evaluation of functional sensation in the hand. *J Hand Surg Am.* 1983 Nov;8(6):865-70. doi: 10.1016/s0363-5023(83)80083-5. PMID: 6643961.
106. Moneim m. Clinical outcome following acute nerve repair Philedalpia, W.B Saunders 1998
107. SUNDERLAND S, RAY LJ. Denervation changes in mammalian striated muscle. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1950 Aug;13(3):159-77. doi: 10.1136/jnnp.13.3.159. PMID: 14774739; PMCID: PMC497152.
108. Green dp, hotchkiss nr Greens operative hand surgery fourt edition vol 2 1381-1403
109. Yan JG, Eldridge MP, Dzwierzynski WW, Yan YH, Jaradeh S, Zhang LL, Sanger JR, Matloub HS. Intraoperative electrophysiological studies to predict the efficacy of neurolysis after nerve injury-experiment in rats. *Hand (N Y).* 2008 Sep;3(3):257-62. doi: 10.1007/s11552-008-9094-2. Epub 2008 Apr 2. PMID: 18780106; PMCID: PMC2525873.
- 110.14. Kobayashi S, Meir A, Baba H, et al. Imaging of intraneural edema by using gadolinium-enhanced MR imaging: experimental compression injury. *Am J Neuroradiol* 2005;26:973-80
111. Birch R, Bonney GWL, Wynn Parry CB. Surgical disorders of the peripheral nerves. New York: Churchill Livingstone; 1998, p. 539.
120. Young L, Wray RC, Weeks PM. A randomized prospective comparison of fascicular and epineural digital nerve repairs. *Plast Reconstr Surg.* 1981 Jul;68(1):89-93. doi: 10.1097/00006534-198107000-00018. PMID: 7244005.
121. Krarup C, Boeckstyns M, Ibsen A, Moldovan M, Archibald S. Remodeling of motor units after nerve regeneration studied by quantitative electromyography. *Clin Neurophysiol.* 2016 Feb;127(2):1675-1682. doi: 10.1016/j.clinph.2015.08.008. Epub 2015 Sep 7. PMID: 26358884.
122. F. Buchthal, V. Kühl Nerve conduction, tactile sensibility, and the electromyogram after suture or compression of peripheral nerve: a longitudinal study in man

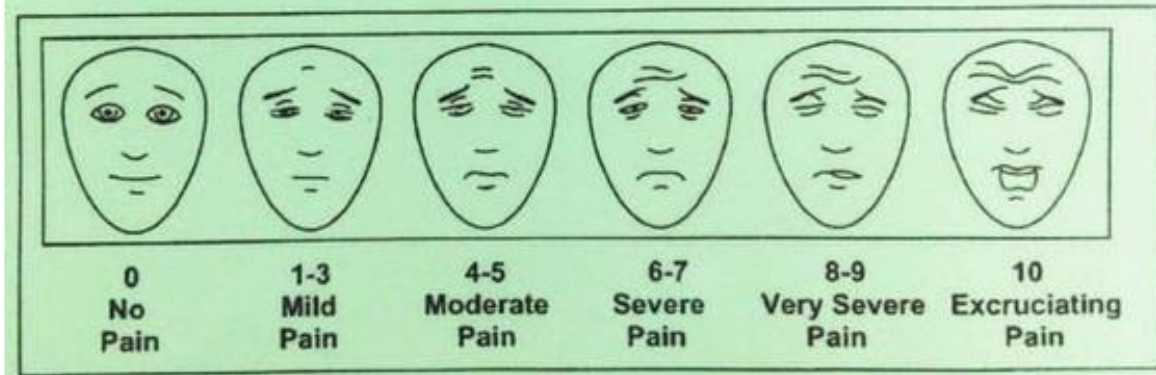
Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand

Please Rate your Ability to do the Following Activities in the Last week		No difficulty	Mild difficulty	Moderate difficulty	Severe difficulty	Unable
1	Open a tight or new jar	1	2	3	4	5
2	Write	1	2	3	4	5
3	Turn a key	1	2	3	4	5
4	prepare a meal	1	2	3	4	5
5	Push open a heavy door	1	2	3	4	5
6	Place an object on a shelf above your head	1	2	3	4	5
7	Do heavy household chores (e.g., wash walls, wash floors)	1	2	3	4	5
8	Garden or do yard work	1	2	3	4	5
9	Make a bed	1	2	3	4	5
10	Carry a shopping bag or briefcase	1	2	3	4	5
11	Carry a heavy object (over 10 lbs.)	1	2	3	4	5
12	Change a light bulb overhead	1	2	3	4	5
13	Wash or blow dry your hair	1	2	3	4	5
14	Wash your back	1	2	3	4	5
15	put on a pullover sweater	1	2	3	4	5
16	Use a knife to cut food	1	2	3	4	5
17	Recreational activities which require little effort (e.g., card playing, knitting, etc.)	1	2	3	4	5
18	Recreational activities in which you take some force or impact through your arm, shoulder or hand (e.g., golf, hammering, tennis, etc.)	1	2	3	4	5
19	Recreational activities in which you move your arm freely (e.g., playing Frisbee, badminton, etc.)	1	2	3	4	5
20	Manage transportation needs (getting from one place to another)	1	2	3	4	5
21	Sexual activities	1	2	3	4	5
22	During the past week, to what extent has your arm, shoulder or hand problem interfered with your normal social activities with family, friends, neighbors or groups?	1	2	3	4	5
23	During the past week, were you limited in your work or other regular daily activities as a result of your arm, shoulder or hand problem?	1	2	3	4	5
24	Arm, shoulder or hand pain	1	2	3	4	5
25	Arm, shoulder or hand pain when you performed any specific activity	1	2	3	4	5
26	Tingling (pins and needles) in your arm, shoulder or hand	1	2	3	4	5
27	Weakness in your arm, shoulder or hand	1	2	3	4	5
28	Stiffness in your arm, shoulder or hand.	1	2	3	4	5
29	During the past week, how much difficulty have you had sleeping because of the pain in your arm, shoulder or hand?	1	2	3	4	5
30	I feel less capable, less confident or less useful because of my arm, shoulder or hand problem.	1	2	3	4	5

NRS (Numerical Rating Scale)



FPS-R (Facial Pain Scale Revised)



EK-2: VAS Anketi