



T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

**“6 ŞUBAT 2023 DEPREMİNDE ENKAZ ALTINDAN KURTARILAN VE PERİFERİK
SİNİR HASARI OLAN HASTALARDA EŞLİK EDEN, KLİNİK VE
ELEKTROFİZYOLOJİK BULGULARIN GÖLGESİNDE KALAN EK PERİFERİK
SİNİR YARALANMALARININ TESPİTİNDE ULTRASONOGRAFİNİN YERİ”**

Dr. YASİN OKUMUŞ

UZMANLIK TEZİ

İSTANBUL – 2024



T.C.

MARMARA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

**“6 ŞUBAT 2023 DEPREMİNDE ENKAZ ALTINDAN KURTARILAN VE PERİFERİK
SİNİR HASARI OLAN HASTALARDA EŞLİK EDEN, KLİNİK VE
ELEKTROFİZYOLOJİK BULGULARIN GÖLGESİNDE KALAN EK PERİFERİK
SİNİR YARALANMALARININ TESPİTİNDE ULTRASONOGRAFİNİN YERİ”**

Dr. YASİN OKUMUŞ

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN: Prof. Dr. İLKER YAĞCI

İSTANBUL – 2024

BEYAN

Bu çalışmanın kendime ait tez çalışması olduğunu; çalışmanın planlama, gerçekleştirme ve yazım aşamalarında etik dışı herhangi bir davranışta bulunmadığımı; çalışmadaki tüm bilgileri akademik kurallar dahilinde elde ettiğimi; tez çalışmam ile sağlanamayan tüm veriler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları liste olarak belirttiğimi; tezimin gerçekleştirilme ve yazım aşamalarında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

Dr. Yasin OKUMUŞ



ÖNSÖZ

6 Şubat 2023 depremiyle binlerce insan hayatını kaybetmiş ve bir diğer binlercesi de madden ve manen tamir edilemez yaralarla bu felaketi atlatmıştır. Bu yıkıcı afet ile yakınlarını kaybedenlerin acısı, enkaz altında kurtarılmayı bekleyenlerin umudu ve insanları kurtarmak için varını yoğunu ortaya koyanların cesareti karşısında tüm saygımla eğiliyorum.

Hastanelerin kullanılamaz hale geldiği, tıbbi ekipman ve ilaç eksikliğinin hat safhada olduğu bir ortamda çadır hastanelerde şifa dağıtmak için gecesini gündüzüne katan tüm sağlık personeline; göçük altındaki tek bir canı bile kurtarmak için cansiperane bir şekilde savaştan arama kurtarma ekiplerine ve deprem sonrası yaraların sarılması için emek veren tüm gönüllülere şükranlarımı sunuyorum.

Depremde hayatını kaybeden vatandaşlarımızı saygı ve minnetle anıyor; tüm yaşam ümidi ve cesaretiyle hayata tutunan, yeniden başlama gücünü kendinde bulan tüm depremzedelere en içten minnet duygularımı sunuyorum.

Bu ve benzeri felaketlerin tekrarlanmamasını umuyor, bu tür acıların tekrar yaşanmaması adına gerekli tüm tedbirlerin hayata geçirilmesini diliyorum.

Bu çalışmayı depremden etkilenmiş tüm insanlara ve onların yaşama tutunma güçlerine ithaf ediyorum.

TEŞEKKÜR

Bu tezin oluşumu ve tüm aşamalarında hem bilimsel hem de teknik yönleriyle tümüyle yanımda olan, asistanlık eğitimimde çok önemli katkıları olan gerek hekimlik nosyonu gerekse insan olabilme becerilerimi önemli ölçüde geliştiren, kendisini tanıdığım için oldukça şanslı hissettiğim değerli tez danışmanım sayın Prof. Dr. İlker YAĞCI'ya;

Tanıştığım ilk günkü samimi davranışı ve güler yüzüyle hep aklımda kalacak olan, hekimlik mesleğinde bilimsel bakış, çalışkanlık ve disiplinin önemini kavramamda bana öncü olan başhekimimiz sayın Prof. Dr. Osman Hakan GÜNDÜZ'e;

Akademik öncülüğünün yanında gerçek dünyaya dair tecrübe ve yönlendirmeleri için anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Mehmet Tuncay DURUÖZ'e;

Yanımda kendimi çok rahat hissettiğim, güler yüzünün hiç eksik olmadığı, pediatriyi sevmemi sağlayan ve hekimlik anlayışımı önemli ölçüde geliştiren sayın Prof. Dr. Naime Evrim KARADAĞ SAYGI'ya;

Samimiyetin, dürüstlüğün ve sabrın önemini bende perçinleyen, başarılarıyla daima örnek aldığım ve bundan sonra alacak olduğum algoloji bilim dalı başkanımız sayın Doç. Dr. Savaş ŞENCAN'a;

Hız ve pratiklik denince aklıma gelen, birlikte çalışırken büyük sorunların küçüldüğü sayın Doç. Dr. Özge KENİŞ COŞKUN'a;

Hem ailemden biriymiş gibi hissettiğim hem de bilimsel duruşu ve engin mesleki tecrübesiyle örnek aldığım, birlikte çalışmaktan oldukça keyif aldığım sayın Doç. Dr. Canan ŞANAL'a;

Asistanlık sürecimin ve bitirme tezimin bir diğer süper kahramanı olan, kendisiyle çalışmaktan çokça mutlu olduğum ve asistanlık eğitimimin en nadide yapı taşlarından biri olan sayın Doç. Dr. Zeynep Kardelen GENÇER ATALAY'a;

Romatoloji alanında edindiğim bilgilerde bana katkısı olan sayın Doç. Dr. Halise Hande GEZER ve Doç. Dr. Sevtap ACAR'a;

Algoloji Bilim Dalı'nın genç ve dinamik öğretim üyesi, tertip ve düzen denince aklıma gelen sayın Doç. Dr. Serdar KOKAR'a;

Kısa süre de olsa kendisiyle çalışma fırsatı bulduğum ve çalışmaktan oldukça keyif aldığım sayın Doç. Dr. Yeliz BAHAR ÖZDEMİR'e;

Tüm Algoloji ve Romatoloji yan dal asistanlarına;

Asistanlık sürecimin güzel hediyeleri olan değerli arkadaşlarım Dr. Hatice ÖZHATİPOĞLU, Dr. Nuride OSMANLI, Dr. Burak YILDIZ, Dr. Ayşegül GEYİK ve Dr. Berat Asım POLAT'a;

Tanıştığım ve birlikte çalışmaktan keyif aldığım asistan arkadaşlarıma;

Yolumun keşiştiği tüm fizyoterapist, hemşire, tekniker ve personel arkadaşlara;

Başta annem, babam ve abim olmak üzere bu günlere gelmemin temel mimarı, sevgi ve desteklerini her daim hissettiğim çok kıymetli aileme;

En zorlu yolu güzelleştiren, karanlığımı aydınlatan, her daim yanımda olan, hayat arkadaşım, huzurum, biricik eşim Dr. Gülnihal Mihriban YAĞCI OKUMUŞ'a;

Bir parçası olmaktan gurur duyduğum gelmiş ve geçmiş tüm Marmara Üniversitesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı ailesine;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

KISALTMA ve SİMGELER	vi
ŞEKİLLER	vii
TABLolar	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	xi
GİRİŞ ve AMAÇ	1
6 Şubat Depremi ve Deprem Sonrası Afet Rehabilitasyonu	1
GENEL BİLGİLER	3
Periferik Sinir	3
Sinir hücresinin anatomisi	3
Sinir hücresinin fizyolojisi.....	5
Periferik Sinir Yaralanmaları	6
Periferik Sinir Yaralanmalarında Klinik Değerlendirme	9
Elektronöromiyografi (ENMG)	9
Üst Ekstremitte Sinir Hasarında Elektrofizyolojik Değerlendirme	12
Üst trunkus lezyonları.....	13
Orta trunkus lezyonları	13
Alt trunkus lezyonları	13
Lateral kord lezyonları.....	13
Posterior kord lezyonları	14
Medial kord lezyonları.....	14
Aksillar sinir lezyonları	14
Muskulokutanöz sinir lezyonları	14
Median sinir lezyonları.....	15
Ulnar sinir lezyonları	15
Radyal sinir lezyonları.....	16
Alt Ekstremitte Sinir Hasarında Elektrofizyolojik Değerlendirme	16
Peroneal sinir lezyonları	17
Tibiyal sinir lezyonları.....	17
Siyatik sinir lezyonları.....	18
Lumbosakral pleksus lezyonları	18
Periferik Sinir Yaralanmasında Radyolojik Değerlendirme	18
Periferik Sinir Yaralanmasında Tedavi ve Rehabilitasyon	22
Çift Ezilme Sendromu (ÇES) (Double Crush Sendromu)	24
GEREÇ ve YÖNTEM	26
Klinik Değerlendirme	26
Elektrofizyolojik Değerlendirme	27

Ultrasonografik Değerlendirme	27
<i>BULGULAR</i>.....	35
<i>TARTIşMA</i>	48
<i>SONUÇ</i>.....	60
<i>KAYNAKLAR</i>.....	61
Ek 1: Hasta Takip Formu	64
Ek 2: Üst Ekstremitte USG Değerlendirme Formu.....	65
Ek 3: Alt Ekstremitte USG Değerlendirme Formu	66



KISALTMA ve SİMGELER

IV: İntravenöz

FTR: Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon

EMG: Elektromiyografi

ENMG: Elektronöromiyografi

mV: Milivolt

USG: Ultrasonografi

MÜP: Motor ünite potansiyeli

APB: Abduktor pollisis brevis

ADM: Abduktor digiti minimi

EİP: Ekstansör indisis proprius

DSAP: Duyusal sinir aksiyon potansiyeli

BKAP: Birleşik kas aksiyon potansiyeli

PIN: Posterior interosseöz sinir

BT: Bilgisayarlı tomografi

YÇU: Yüksek çözünürlüklü ultrasonografi

MRN: Manyetik rezonans nörografi

MRG: Manyetik rezonans görüntüleme

GDK: Görünür difüzyon katsayısı

FA: Fraksiyone anizotropi

ÇES: Çift ezilme sendromu

FDS: Fleksör digitorum süperfisiyalis

FDP: Fleksör digitorum profundus

VKİ: Vücut kitle indeksi

Min: Minimum

Maks: Maksimum

Std: Standart

KAÖ: Kesitsel alan ölçümü

KTS: Karpal tünel sendromu

SİÇ: Sinir iletim çalışmaları

ASIA: “American Spinal Injuri Association”

KİDP: Kronik inflamatuvar demiyelinizan polinöropati

ŞEKİLLER

ŞEKİL 1: SİNİR HÜCRESİ VE İÇERDİĞİ YAPILAR.....	4
ŞEKİL 2: PERİFERİK SİNİR YAPILARININ MİKROSKOBİK GÖRÜNTÜSÜ	5
ŞEKİL 3: AKSİYON POTANSİYELİ OLUŞUMU.....	6
ŞEKİL 4: PERİFERİK SİNİR HASARINDA BAZI ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLER VE JİAAN ZHU SINIFLAMALARI.....	22
ŞEKİL 5: MEDİAN SİNİRİN ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODU	28
ŞEKİL 6: ULNAR SİNİRİN ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODU	29
ŞEKİL 7: RADYAL SİNİRİN ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODU	31
ŞEKİL 8: SİYATİK SİNİRİN ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODU	32
ŞEKİL 9: TİBİYAL SİNİRİN ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODU.....	33
ŞEKİL 10: PERONEAL SİNİRİN ULTRASONOGRAFİK GÖRÜNTÜLEME METODU .	34

TABLÖLAR

TABLO 1: SİNİR LİFİ TİPLERİ.....	4
TABLO 2: SEDDON VE SUNDERLAND SINIFLAMALARI	8
TABLO 3: JİAAN ZHU VE ARKADAŞLARININ 2011 YILINDA YAYIMLADIKLARI PERİFERİK SİNİR HASARI SINIFLANDIRMASI.....	8
TABLO 4: ÜST EKSTREMİTEDE İĞNE EMG'DE DEĞERLENDİRİLEN BAZI ANAHTAR KASLAR	12
TABLO 5: ALT EKSTREMİTEDE İĞNE EMG'DE DEĞERLENDİRİLEN BAZI ANAHTAR KASLAR	17
TABLO 6: PERİFERİK SİNİR HASARININ RADYOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİNDE USG VE MRG BULGULARI.....	19
TABLO 7: PERİFERİK SİNİR HASARININ RADYOLOJİK DEĞERLENDİRİLMESİNDE USG VE MRG'NİN GÜÇLÜ VE ZAYIF YÖNLERİ.....	20
TABLO 8: DEMOGRAFİK VERİLER.....	35
TABLO 9: İLK MUAYENEDE HASTALARDA SAPTANAN BAZI BULGULAR.....	35
TABLO 10: HASTALARIN KLİNİK ÖN TANILARI VE ENMG TANILARI	37
TABLO 11: ENMG TETKİKİNİ ZORLAŞTIRAN ETMENLER.....	38
TABLO 12: USG TETKİKİNİ ZORLAŞTIRAN ETMENLER	39
TABLO 13: USG'DE SAPTANAN BULGULAR VE SİNİR HASARI SINIFLAMALARI	39
TABLO 14: ÇES VARLIĞI VE LOKALİZASYONLARI	40
TABLO 15: SONOGRAFİK ÖLÇÜMLERİN MİNİMUM, MAKSİMUM VE ORTALAMA DEĞERLERİ.....	42
TABLO 16: SONOGRAFİK ANORMALLİKLER VE GÖRÜNTÜLERİ	45
TABLO 17 EK TIBBİ DURUMLARIN ÇES GELİŞİMİNE ETKİSİNE İLİŞKİN P DEĞERLERİ	47

ÖZET

Amaç: Çift Ezilme Sendromu (ÇES) Upton ve Mc Comas tarafından 1973 yılında tanımlanan klasik olarak bir sinirin birden fazla seviyede hasarlanması durumudur. En yaygın sorumlu tutulan fizyopatolojik mekanizma olarak proksimaldeki tuzaklanma sonucu distaldeki sinir segmentinin tuzaklanmaya daha yatkın hale gelmesidir. Deprem gibi büyük yıkımların yaşanabileceği doğal afetlerde insanların enkaz altında saatler hatta günler boyunca kalması durumu söz konusu olabilmektedir. Enkaz altında hastaların maruz kaldığı yüksek enerjili travma sonrasında hastalarda periferik sinir hasarları gelişebilmektedir. Bu periferik sinir yaralanmaları ENMG tetkiki ile etkin bir şekilde değerlendirilip ortaya konabilmektedir. Buna karşın yaşanan travmanın şiddetinin değerlendirilemediği, enkaz altında kalınan pozisyonun veya bası yapan moloz gibi dış etmenlerin hastayla ne şekilde bir pozisyonda olduğu tam olarak anlaşılamadığı durumlarında ÇES gelişme olasılığı akılda tutulmalıdır. Tanı için elektrofizyolojik yöntemler kullanılsa da periferik sinirin proksimalindeki bir yaralanma distaldeki diğer yaralanmanın elektrofizyolojik bulgularını maskeleyebilmektedir. Bu çalışmada amacımız 6 Şubat Depremi sonrasında enkaz altından kurtarılan ve periferik sinir hasarı olan hastalarda Çift Ezilme Sendromu'nun tespitinde ultrasonografinin yeri ve önemini değerlendirmektir.

Metod: Çalışmamıza 6 Şubat depreminde enkaz altından kurtarılan en küçüğü 13 en büyüğü 64 yaşında olmak üzere 15 hasta dahil edilmiştir. Bu 15 hastada toplamda 90 periferik sinir incelenmiştir. Tüm hastalar ayrıntılı bir ilk değerlendirme sonrasında klinik ön tanıları kaydedilmiştir. Sonrasında ENMG tetkikleri yapıp ENMG tanıları kaydedilmiştir. Elektromiyografıdan optimal ENMG tetkiki yapıp yapamadığı ve ENMG tetkiki sırasında karşılaşılan zorlukları not etmesi istenmiştir. ENMG tetkikinden sonra her hastaya periferik sinir ultrasonografisi uygulanmıştır. Üst ekstremitede sinir hasarı bulunan hastalarda her iki median, ulnar ve radyal sinirler; alt ekstremitede sinir hasarı olan hastalar içinse siyatik, peroneal ve tibiyal sinirler sonografik olarak incelenip kesitsel alan ölçümleri yapılmıştır. USG tetkikinden sonra hastaların klinik ve ENMG tanılarına ek olarak farklı lokalizasyonda sinir hasarlarının var olup olmadığı not edilmiş ve bu sinir hasarları Jiaan Zhu sınıflamasına göre sınıflandırılmıştır.

Bulgular: USG ile incelenen 90 periferik sinirin 17'sinde sinir hasarı tespit edilmiştir. Bu 17 sinir arasında 14 sinirde ENMG ile saptanamayan sinir hasarı USG ile gösterilmiştir. ENMG ile gösterilemeyip USG ile gösterilen 14 sinir hasarı incelendiğinde 2 sinire yönelik çeşitli

sebeplerle iğne EMG yapılamadığı görülmüştür. Diğer 12 sinirde ise yaralanma seviyelerinin proksimal segmentinde sinir hasarı olduğu ve ENMG tanılarının proksimaldeki sinir hasarını işaret ettiği görülmüştür. Tüm bu hastalar ÇES olarak kabul edilmiştir. Oysaki çalışmanın başlangıcında 15 hastanın 3'ünde klinik muayene ile ÇES'ten şüphelenilmiştir ancak ENMG ile bu hastaların ÇES tanıları doğrulanamamıştır. USG tetkiki sonrası 15 hastanın 8'inde ÇES tespit edilmiştir. Vücut kitle indeksi, enkaz altında kalınan süre, yaş, cinsiyet, Crush sendromu varlığı, kompartman sendromu varlığı, açık yara varlığı ve fasyotomi öyküsü ile ÇES gelişmesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır.

Sonuç: Deprem gibi büyük felaketlerde enkaz altından kurtarılan hastalar gerek fiziksel gerekse emosyonel olarak ağır yaralar almaktadır. Bu hastalarda periferik sinir hasarı değerlendirilirken aynı sinirin birden fazla seviyede hasarlanabileceği akılda tutulmalıdır ve bu durum ÇES olarak yorumlanmalıdır. Sinir hasarının lokalizasyonu ve şiddetinin değerlendirilmesinde ENMG olmazsa olmazdır ancak ÇES değerlendirmesinde ENMG ile USG'nin birlikte kullanımı faydalı ve önemlidir.

SUMMARY

Objective: Double Crush Syndrome (DCS) is classically defined by Upton and McComas in 1973 as the condition where a nerve sustains injury at multiple levels. The most commonly implicated pathophysiological mechanism suggests that proximal entrapment makes the distal segment of the nerve more susceptible to compression. In natural disasters, such as earthquakes, where large-scale destruction occurs, people may remain trapped under rubble for hours or even days. After exposure to the high-energy trauma experienced while trapped under debris, peripheral nerve injuries may develop in patients. These peripheral nerve injuries can be effectively evaluated and documented using Electroneuromyography (ENMG) testing. However, in disasters where the severity of trauma is not fully understood, and it is challenging to determine the exact position under the debris or the pressure exerted by external factors like rubble, the possibility of DCS development in patients should be considered. An injury in the proximal segment of a peripheral nerve can mask the electrophysiological findings of a distal injury. In this context, our aim is to assess the role and importance of ultrasonography in the detection of Double Crush Syndrome in patients with peripheral nerve injury who were rescued from under the rubble following the February 6 Earthquake.

Method: Fifteen patients, aged between 13 and 64, who were rescued from the rubble following the February 6 earthquake, were included in our study. A total of 90 peripheral nerves were examined in these 15 patients. All patients were recorded with detailed initial clinical evaluations and preliminary diagnoses. Then, ENMG tests were conducted, and the ENMG diagnoses were documented. The electromyographer was asked to note whether the optimal ENMG testing could be performed and to document any difficulties encountered during the ENMG assessment. After the ENMG examination, peripheral nerve ultrasonography was performed for each patient. For patients with upper extremity nerve injury, both median, ulnar, and radial nerves were sonographically examined, and in patients with lower extremity nerve injury, sciatic, peroneal, and tibial nerves were evaluated with cross-sectional area measurements. After the ultrasound examination, it was noted if any additional nerve injuries were detected in different localizations besides the clinical and ENMG diagnoses, and these injuries were recorded according to the Jiaan Zhu classification.

Results: Nerve injuries were detected in 17 out of the 90 peripheral nerves examined with ultrasound. Among these 17 nerves, nerve injuries that could not be identified with ENMG were detected in 14 nerves. When examining these 14 nerve injuries that were undetectable by

ENMG but identifiable by ultrasound, it was found that needle EMG could not be performed on 2 nerves due to various reasons. In the remaining 12 nerves, nerve damage was observed in the proximal segments of the injury levels, and the ENMG diagnoses indicated proximal nerve injury. Therefore, these patients exhibited DCS.

In three of the 15 patients, DCS was suspected clinically. However, ENMG did not confirm the diagnosis of DCS in these patients. Following the ultrasound examination, DCS was identified in 8 of the 15 patients. No statistically significant relationship was found between the development of DCS and factors such as body mass index, duration under rubble, age, gender, presence of Crush Syndrome, presence of compartment syndrome, presence of an open wound, or history of fasciotomy.

Conclusion: In major disasters such as earthquakes, patients rescued from under rubble may have sustained significant physical and emotional trauma. When evaluating peripheral nerve injury in these patients, it should be kept in mind that the same nerve may be injured at multiple levels, which should be interpreted as DCS. ENMG is essential in assessing the localization and severity of nerve injury, but the combined use of ENMG and ultrasound is beneficial and important in the evaluation of DCS.

GİRİŞ ve AMAÇ

6 Şubat Depremi ve Deprem Sonrası Afet Rehabilitasyonu

6 Şubat 2023 tarihinde ülkemizde dokuz saat arayla 7,7 ve 7,6 büyüklüğünde merkez üssü Kahramanmaraş'ın Pazarcık ve Elbistan ilçeleri olan iki deprem meydana gelmiştir. Bu deprem Kahramanmaraş ve çevre illerde özellikle de Hatay, Gaziantep, Adıyaman, Malatya, Kilis, Şanlıurfa, Adana, Osmaniye, Diyarbakır, Elazığ'da ciddi yıkım, yaralanma ve can kayıpları yol açmıştır. Resmî açıklamalarda 50 bin 783 kişinin hayatını kaybettiği, 107 bin 204 kişinin yaralandığı, toplamda 36 bin 932 binanın deprem anında yıkıldığı ve 311 bin binanın ise hasar nedeniyle kullanılamaz hale geldiği bildirilmiştir [1].

Sağlık kuruluşları ve bölgede görev yapan sağlık personelinin de felaketten etkilenmesi bölgede ihtiyaç duyulan tıbbi müdahalelerin zorlukla yapılmasına sebep olmuştur. Bu nedenle ülke genelinde seferberlik ilan edilip diğer illerden sağlık çalışanları afet bölgesine yönlendirilmiş ve hızlıca sahra hastaneleri inşa edilmiştir [2].

Binlerce kişinin yaralandığı ve hayatını kaybettiği bu felakette sahada arama kurtarma çalışmaları, erken tıbbi müdahalelerin uygulanması, sağlık merkezlerine sevk, ileri yaşam desteği, cerrahi ve yoğun bakım ihtiyacı, komşu illerde daha büyük sağlık kuruluşlarına nakil gibi konularda geniş çaplı bir organizasyonun önemi yeniden gündeme gelmiştir.

Arama kurtarma çalışmalarında enkazdan çıkarılanlarda ikincil yaralanmaların ve komplikasyonların önlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle ilk müdahaleler kurtarma ekiplerince uygulanır. Enkazdan çıkarılma sırasında boyunluk gibi stabilizatörlerin kullanılması, hipotermi önlenmesi, olay yerinde IV hidrasyonun sağlanması hayati önem taşır [3]. İlk müdahale ardından hastaların sağlık kuruluşlarına sevki gerekmektedir. Yaralının hastaneye sevki öncesinde Crush Sendromu, reperfüzyon hasarı gibi komplikasyonların önlenmesine yönelik müdahaleler yapılmalıdır [4]. 6 Şubat Depreminde oluşturulan sahra hastanelerinde hastaların durumları stabilize edilerek sonrasında Diyarbakır, Adana ve Mersin gibi çevre illere nakledilmiştir. Bu ilk naklin ardından ihtiyacı olan hastalar tedavileri uygulanmak üzere daha uzakta olan İstanbul ve Ankara gibi illere transfer edilmiştir [2]. Felaketin boyutu düşünüldüğünde çoklu travmalı, tıbbi durumu stabil olmayan çok sayıda hasta takip edilmiştir. Bu hastaların tedavileri ardından önemli bir kısmında rehabilitasyon ihtiyacı oluşmuştur.

Ülkemizde Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon (FTR) hekimlerince yapılan çok merkezli bir çalışmanın verilerine göre 852'si kadın ve 719'u erkek olmak üzere 1571 hasta FTR kliniklerine yönlendirilmiştir. Rehabilitasyona ihtiyaç duyan 1571 hastanın 113'ü ayaktan takip edilmiştir. 91 hasta 1-10 gün arası, 447 hasta 10-30 gün, 920 hasta ise 30 günden daha fazla süre servis yatışı ile tedavi altına alınmıştır. 505 hasta ise yoğun bakım ünitelerinde takip edilmiştir [5]. 1250 hastada yumuşak doku travması ve bölgesel ağrı, 414 hastada kırıklar, 482 hastada kompartman sendromu, 603 hastada periferik sinir ve pleksus yaralanmaları, 6 hastada Crush Sendromu, 176 hastada ampütasyon, 198 hastada spinal fraktürler ve 2 hastada kafa travması tespit edilmiştir. Bu verilere bakıldığında rehabilitasyon ihtiyacı olan hastalarda birden fazla yaralanmanın geliştiği görülmektedir [5].

Hastaların rehabilitasyon programları oluşturulurken dikkat edilmesi gereken önemli birkaç husus bulunmaktadır. Tüm hastaların rehabilitasyon programları ilk muayeneden hemen sonra başlatılmalı, süreç içerisinde yakın takip edilerek gerekli düzenlemeler yapılmalı ve uzun vadeli planlar erken dönemde oluşturulmalıdır. Birçok depremedenin yakınlarını kaybetmesi, öğrencilerin eğitim hayatlarının sekteye uğraması, hali hazırda hasta ve bakım ihtiyacı olan insanların gerekli bakımlardan yoksun kalması gibi durumlar göz önünde bulundurulduğunda bu planlamaların oldukça geniş yelpazede ve multidisipliner olarak yürütülmesi önem taşımaktadır. Hastaların önemli bir kısmında periferik sinir hasarı mevcuttur. Periferik sinir hasarı düşünülen hastalarda ayrıntılı bir fizik muayene, görüntüleme yöntemleri ve ENMG ile sinir hasarı tespit edilmeli, şiddeti ortaya koyulmalıdır. Gerekli egzersiz programı düzenlenmeli ve ek komplikasyonlar önlenmelidir.

GENEL BİLGİLER

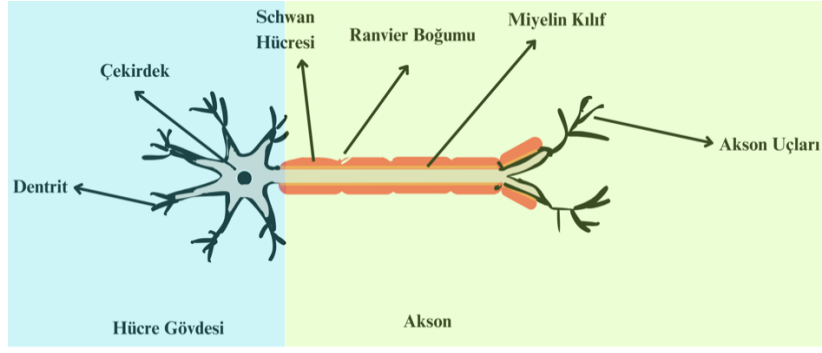
Periferik Sinir

Periferik sinir sistemi olfaktör ve optik sinir hariç kafa sinirleri, spinal kökler, pleksuslar, periferik sinirlerden ve otonomik liflerden oluşan merkezi sinir sisteminin anatomik ve fonksiyonel olarak devamı niteliğindeki yapılar olarak tanımlanır. Temel olarak perifer ile santral sinir sistemi arasındaki bağlantı olarak işlev görür. Periferik sinir sisteminin işlevsel birimine nöron adı verilir [6].

Sinir hücresinin anatomisi

Bir sinir hücresi (nöron) kabaca bir hücre gövdesi (soma), bir akson ve birçok dentritten oluşur. Soma genellikle beyin, medulla spinalis veya ganglionda bulunur. Protein sentezi gibi metabolik aktiviteler somada gerçekleştirilir. Dentritler hücre gövdesinden uzanan uzantılardır. Dışarıdan gelen uyarıların algılanmasında görev alır. Akson ise hedef organ ile bağlantı kuran yapıdır. Akson granüllü endoplazmik retikulum, ribozom ve golgi cisimciği içermediğinden dolayı hücre gövdesinden ayrılması dejenerasyon ile sonuçlanır.

Akson etrafında miyelin kılıf adı verilen bir yapı vardır. Miyelin kılıf Schwann hücreleri tarafından üretilen, sinir iletim hızı ile ilişkili yapıdır. Yapısındaki lipoproteinler elektriksel direnç oluşturur. Aksonun miyelin tabakası olmayan bölümlerine Ranvier düğümü adı verilir. Sinir hücresi üzerinde uyarı Ranvier düğümleri arasında atlamalı olarak iletilir [7]. Şekil 1'de bir sinir hücresi ve içerdiği yapılar gösterilmiştir.



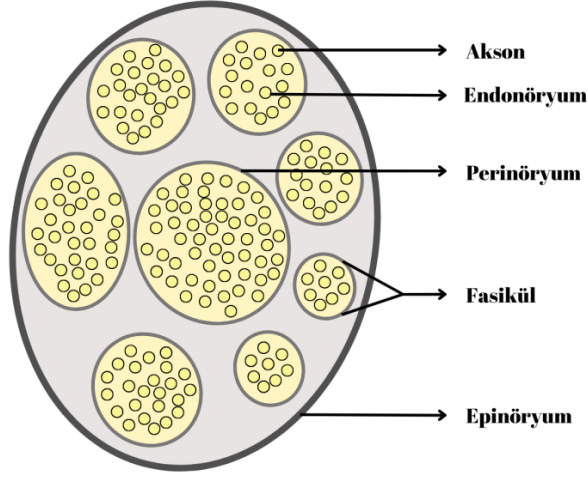
Şekil 1: Sinir hücresi ve içerdiği yapılar

Sinir lifi tipleri genel hatlarıyla Tablo 1’de gösterilmiştir.

Lif	Tipi	Fonksiyon	Çap (µm)	Hız (m/sn)
A	Alfa	Propriosepsiyon, somatik motor duyu	12-20	70-120
	Beta	Dokunma, basınç	5-12	30-70
	Gama	Kas içciklerine motor	6-8	15-30
	Delta	Ağrı, ısı, dokunma	2-5	12-30
B		Preganglionik sempatikler	<3	3-15
C	Dorsal kök	Ağrı, refleks cevaplar	0,4-1,2	0,5-1,2
	Sempatik	Postganglionik sempatikler	0,3-1,3	0,7-2,3

Tablo 1: Sinir lifi tipleri

Bir periferik sinirde nörolemma ve akson, endonöryum denen bir bağ doku tarafından çevrelenir. Periferik sinirlerin bir araya gelmesiyle oluşan fasiküller perinöryum tarafından sarılır. Epinöryum ise sinir demetlerini çevreleyen, kan damarları ve lenfatikleri içeren sinirin en dış tabakasıdır [6]. Bir periferik sinirin mikroskopik görüntüsü Şekil 2’de gösterilmiştir [8].



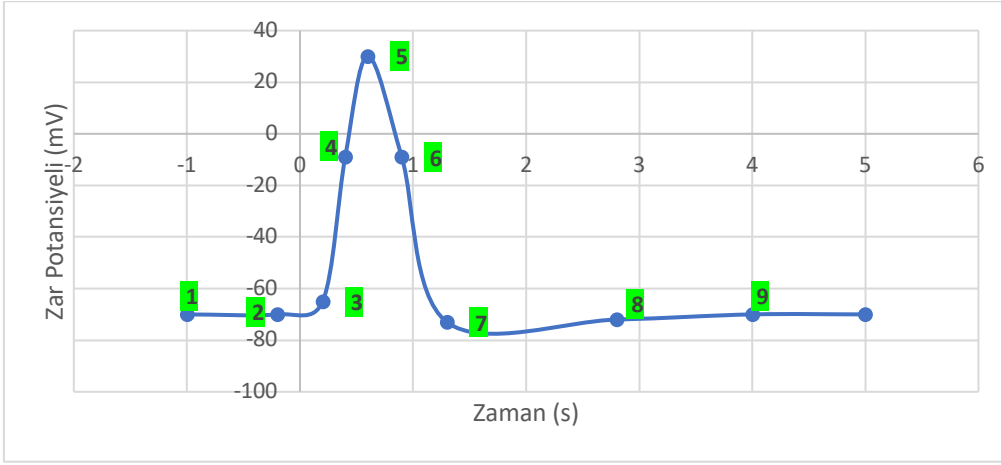
Şekil 2: Periferik sinir yapılarının mikroskopik görüntüsü

Periferik sinir lifleri fonksiyonel olarak motor, duyuşal ve otonomik lifler olarak üç ana grupta incelenebilir. Motor liflerin gövdeleri medulla spinalis ve beyin sapındaki gri maddededir. Santral sinir sisteminden çıkan uyarılar iskelet kasına motor lifler ile taşınır. Duyusal liflerde soma dorsal kök ganglionundadır. Periferden gelen uyarılar santral sinir sistemine duyuşal lifler ile taşınır. Otonomik lifler ise düz kasların uyarılması ve salgı faaliyetleri gibi işlevlerde görev alırlar.

Sinir hücreşinin fizyolojisi

Sinir hücreşinde uyarının iletilmesi membran potansiyelindeki değişimler ile mümkün olur. İstirahat durumunda membran potansiyeli -40 mV civarındayken uyarıldığında 40 mV'a kadar yükselebilir.

İstirahatteki membran potansiyelinin sağlanmasında hücre içi potasyum konsantrasyonunun hücre dışı konsantrasyonuna göre fazla olması önemlidir. Bu potansiyel farkı Na-K ATPaz kanalı ile sağlanır. Sinir hücreşine gelen uyarı eşik değeri aştıktan sonra membranın sodyum geçirgenliği artar ve sodyum hücre içine girerken potasyum hücre dışına çıkar. Böylelikle pozitif membran potansiyeli sağlanmış olur. Oluşan bu potansiyele aksiyon potansiyeli denir ve eşik değerin altındaki uyarılarda aksiyon potansiyeli oluşmazken eşik değeri üstü bütün uyarılarda aynı şiddette oluşur. Buna hep ya da hiç özelliği denir [7]. Sinir hücreşinde aksiyon potansiyeli oluşumu Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Aksiyon potansiyeli oluşumu.

- 1: Dinlenme potansiyeli
- 2: Depolarizasyon
- 3: Voltaj kapılı hızlı Na kanallarının açılması ve hücre içine Na girişi; voltaj kapılı K kanallarında yavaş açılma
- 4: Hızlı Na girişi
- 5: Na kanallarının kapanması, yavaş K kanallarının açılması
- 6: Potasyumun hücre dışı sıvıya hareketi
- 7: Hiperpolarizasyon, K kanallarının açık kalma dönemi
- 8: Voltaj kapılı K kanallarının kapanması
- 9: Hücrenin dinlenme durumuna dönmesi

Periferik Sinir Yaralanmaları

Periferik sinirler doğrudan kesilme, bası altında kalma, gerilme, ısı hasarı, otoimmün, enfeksiyöz veya dolaşım bozukluğu gibi etmenlerle hasara uğrayabilmektedir. Periferik sinir künt travma sonrasında fragmente kemik parçası, hematoma, anevrizma ile yaralanabilirken kırık redüksiyonu, cerrahi pozisyonlama sırasındaki gerilmeler de iyatrojenik sinir hasarına sebep olabilmektedir [9].

Periferik sinirde hasar sonrası dejenerasyon süreci başlar. Bu süreç primer ve sekonder dejenerasyon (Wallerian dejenerasyon) olarak iki aşamada gözlenir. Primer dejenerasyonda dejeneratif süreç hasarın olduğu noktadan proksimale doğru ilerleyip en yakın Ranvier düğümüne ilerler. Sekonder dejenerasyon ise yaralanmanın iki veya üçüncü gününde başlayıp dejeneratif süreç anterograd olarak distale doğru ilerler. Wallerian dejenerasyonda sinir gövdesi şişip çekirdek hücrenin periferine doğru yer değiştirir. Ödem ve kromatoliz gözlenir. Daha sonra hasar bölgesindeki Schwann hücreleri aktive olup yıkım ürünlerini makrofajlar ile fagosite ederler.

Rejenerasyon süreci ise sıklıkla yaralanmadan 2-20 gün sonra Bungner bantlarının oluşmasıyla başlar. Rejenere olan miyelinsiz aksonlar distal uç ile birleşir. Daha sonra miyelin kılıf yeniden oluşturulur. Bu birleşmenin düzgün olmadığı durumlarda nöroma oluşumu, motor ve duyuusal bozukluklar gözlenebilir [10] [11].

Periferik sinir yaralanmalarının sınıflamasında sıklıkla Seddon ve Sunderland sınıflamaları kullanılır.

Seddon periferik sinir yaralanmasını nöroapraksi, aksonotmezis ve nörotmezis olmak üzere üç ayrı gruba ayırmıştır [12]. Bu tanımda nöroapraksi en hafif şiddetli yaralanmadır. Devam eden yaralanma olmadığı sürece tamamen iyileşir. Aksonotmeziste akson dejenerasyonu vardır ancak bağ doku korunmuştur. Wallerian dejenerasyonla yaralanma seviyesinin distalinde iletim durur. İyileşme distalden proksimale doğru olur ve sıklıkla sekelsiz iyileşir. Nörotmeziste ise sinirin şiddetli travmaya bağlı total ayrışması durumudur. Epinöryum ve destek doku da tamamen hasarlıdır. Sıklıkla cerrahi tedavi gerektirir ve tam iyileşme nadiren görülür [12].

1951 yılında Sunderland periferik sinir yaralanmalarını beş ayrı sınıfa ayırmıştır [13]. Mackinnon ve Dellon ise 1992 yılında bu sınıflamaya altıncı grubu eklemiştir [14]. Sunderland Evre 1'de fokal segmental demiyelinizasyon gözlenir. Seddon'un sınıflamasına göre nöroapraksiye denk gelir. Evre 2'de endonöryum sağlamken akson hasarı vardır. Spontan iyileşme nöroapraksiye göre daha yavaştır. Evre 3'te perinöryum sağlamken akson ve endonöryum hasarı vardır. Cerrahi tedavi gerektirebilir. Evre 4'te epinöryum sağlamken akson, endonöryum ve perinöryum hasarlıdır. Cerrahi tedavi sıklıkla gereklidir. İyileşme şansı düşüktür. Evre 5 sinirin ve etraf bağ dokusunun komplet yaralanmasıdır. Cerrahi tedavi zorunludur. Seddon sınıflamasına göre nörotmezise denk gelir [13]. Evre 6 yaralanma ise sinirin birden fazla bölgesinde birden fazla tipte yaralanmanın olması şeklinde ifade edilmiştir. Örneğin sinirin bir bölgesinde evre 4 yaralanma bulunurken başka bir bölgesinde evre 2 yaralanma bulunabilir. Bu durum iyileşmenin homojen olmayan bir şekilde gelişmesine sebep olur. Cerrahi tedavi sıklıkla gerekir [14].

Seddon ve Sunderland sınıflamaları Tablo 2’de birlikte incelenmiştir.

Seddon	Sunderland	Açıklama	Prognoz
Nöroapraksi	Evre 1	Fokal segmental demiyelinizasyon	Tamamen iyileşir
Aksonotmezis	Evre 2	Endonöryum sağlam, akson hasarı mevcut	Sıklıkla sekelsiz iyileşir
Aksonotmezis	Evre 3	Perinöryum sağlam, akson ve endonöryum hasarı mevcut	
Aksonotmezis	Evre 4	Epinöryum sağlam; akson, endonöryum ve perinöryum hasarı mevcut	
Nörotmezis	Evre 5	Sinirin komplet yaralanması	Tam iyileşme nadir
	Evre 6	Sinirin birden fazla segmentinde farklı tiplerde yaralanma olması	Sıklıkla cerrahi tedavi gerekir

Tablo 2: Seddon ve Sunderland sınıflamaları

Seddon ve Sunderland sınıflamalarında klinik ve histopatolojik bulgular ön plana tutulmuştur. Jiaan Zhu ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yayımlanan bir çalışmada periferik sinirler ultrasonografi ile incelenerek ultrasonografik bulgulara göre düzenlenen bir sınıflama geliştirilmiştir [15]. Bu sınıflama Tablo 3’te özetlenmiştir.

Tip 1	Normal
Tip 2	Sinir fasiküllerinde ödematöz şişlik mevcut olup perinöryum ve epinöryum bütünlüğü korunmuştur. Sinir fasikülleri uniform hipoekoik görünümündedir.
Tip 3	Epinöryumda bütünlük görünürken fasiküllerin bazı bölümlerinde düzensiz, skar olabilecek hipoekoik lezyonlar görülür. Diğer fasiküller normaldir ve perinöryum görülebilir.
Tip 4	Sinirin düzensiz, hipoekoik lezyon olarak görülmesi durumudur. Bu görüntü skarı gösterebilir. Yalnızca epinöryum intaktır.
Tip 5	Epinöryum devamlılığı olumayıp fasiküllerin bazılarında hipoekoik lezyonlar görülmesi durumudur. Bazı fasiküller normaldir ve perinöryumları görülebilir.
Tip 6	Epinöryum devamlılığı yoktur. Tüm fasiküller hipoekoiktir. Normal fasikül ve perinöryum izlenmez.
Tip 7	Sinir devamlılığı yoktur ve çevrede skar dokusu gözlenir.

Tablo 3: Jiaan Zhu ve arkadaşlarının 2011 yılında yayımladıkları periferik sinir hasarı sınıflandırması

Seddon ve Sunderland sınıflamaları günlük pratikte oldukça sık kullanılmakta olup sinir hasarını fonksiyonel ve histopatolojik olarak incelemektedir. Jiaan Zhu ve arkadaşları tarafından 2011 yılında geliştirilen sınıflamanın özelliği bu sınıflamada ultrasonografik bulguların kullanılıyor olması ve sinirin yapısal olarak ele alınmasıdır.

Periferik Sinir Yaralanmalarında Klinik Değerlendirme

Bir periferik sinir yaralandığında o sinire ait motor, duyuşal ve otonomik fonksiyonlarda kayıp veya azalma ortaya çıkar. Hasarın tespit edilmesinde ayrıntılı öykü ve fizik muayene önemlidir. Hastanın ana şikâyeti spesifik olarak not edilmelidir. Öyküde şikayetlerin ne zaman başladığı, travma veya cerrahi öyküsünün var olup olmadığı, ek hastalıklar, hastanın mesleği gibi başlıklar sorgulanmalıdır. Bunlara ek olarak hastanın ağrısının var olup olmadığı değerlendirilir. Hastada sinir hasarı sonrası nöropatik ağrı gelişebilirken yanlış pozisyonlama, uygunsuz atel kullanımını gibi durumlar sonrası nosiseptif ağrılar ile karşılaşılabilir.

Duyu muayenesinde anahtar dermatom alanları titizlikle incelenir. Sinir hasarının tespiti ve lokalizasyonunda duyu muayenesinin önemi büyüktür. Anestezi, hipoestezi, hiperestezi, dizestezi ve allodini gibi bazı duyuşal bozukluklar ile karşılaşılabilir.

Motor muayene periferik sinir hasarının tespiti, şiddetinin ortaya konması ve takibi açısından nörolojik muayenenin en önemli kısımlarından biridir. Özellikle üst ekstremitte yaralanmalarında el fonksiyonlarının değerlendirilmesi önemlidir. Bazı sinir hasarlarında spesifik ve diagnostik bulgular ortaya çıkabilir. Örneğin ulnar sinir hasarında gelişen pençe el deformitesi tipik bir örnektir [16].

Periferik sinir hasarında ilgili sinirin katıldığı monosinaptik reflekste kayıp veya azalma gözlenebilir. Derin tendon refleksleri ayırıcı tanıda da önemlidir. Örneğin obstetrik brakial plexus yaralanması ön tanısıyla yönlendirilen hastalarda hiperaktif derin tendon refleksleri hemiplejik serebral palsi tanısını düşündürebilir.

Elektronöromiyografi (ENMG)

ENMG tetkiki klasik olarak ön boynuzdaki alfa motor nöron, sinir kökü, spinal sinir, pleksus, periferik sinir, nöromüsküler bileşke ve kasın, yani motor ünitenin değerlendirildiği en etkin yöntemlerden biridir. Sinir iletim çalışmaları, refleks çalışmaları ve iğne EMG olarak ayrı inceleme yöntemlerini içinde barındırır.

Sinir iletim çalışmaları duyusal ve motor iletim çalışmaları olarak iki grupta incelenir. Duyusal sinir iletim çalışmaları ortodromik veya antidromik olarak yapılabilir. Ortodromik duyu iletim çalışmasında kayıt elektrotu sinir üzerine konur ve distal bir noktadan uyarı verilip bir kayıt elde edilir. Antidromik duyu iletim çalışmasında ise uyarı sinir üzerinden verilip kayıt daha distal bir noktadan elde edilir. Alınan kayıtla bir duyusal aksiyon potansiyeli elde edilir. Uyarının verilmesiyle elde edilen aksiyon potansiyeli arasındaki gecikme latans olarak adlandırılır. Aksiyon potansiyelinin başlangıç noktası ile tepe noktası arasındaki voltaj farkı amplitüd olarak adlandırılır. Uyarının verildiği yer ile kayıt yapılan nokta arasındaki mesafenin zamana bölünmesi ile de iletim hızı hesaplanır.

Motor iletim çalışmalarında incelenecek olan sinirin motor innervasyonlu kas veya kasları kayıt için kullanılır. Örneğin median sinirin motor iletim çalışmaları için sıklıkla abduktor pollicis brevis kası kullanılır. İlgili kasın üzerine kayıt elektrotu yerleştirilir. Karpal tünelin proksimalinde el bileğinden verilen uyarı sonrası bir birleşik kas aksiyon potansiyeli elde edilir. Yine burada da duyusal iletim çalışmaları gibi distal latans ve amplitüd değerlendirilir. İletim hızının değerlendirilmesinde iki farklı noktadan alınan yanıtlar arasındaki farka ihtiyaç vardır. Bunun sebebi nöromüsküler bileşkede halihazırda bir gecikme olması ve bu gecikmenin hesaplanamaz olmasıdır. Yine median sinir için daha proksimalde dirsek seviyesinden uyarı verilir; dirsek ve el bileği seviyesindeki latans farkı ile iletim hızı ön kol düzeyinde hesaplanır.

Refleks çalışmalarında sıklıkla kullanılan F yanıtı ve H refleksidir. F yanıtında aferent ve eferent aynı alfa motor nöron uzantısıdır. Distalden verilen uyarı proksimal segmentten iki kez geçerek F yanıtını oluşturur. F yanıtında en az on yanıt alınmalıdır ve en kısa latans tercih edilir. Bunun yanında persistans yani uyarıların yüzde kaçında F yanıtının oluştuğu da önemlidir. Özellikle Guillan Barre Sendromu'nda tek bulgu F latansında uzama olabilir.

H refleksi ise monosinaptik reflekslerin elektrofizyolojik karşılığıdır. Aferent lifler kas içiğindeki I-a lifleri olup eferenti alfa motor nöronudur. Tek taraflı sorunlarda normal tarafla karşılaştırılması önemlidir. Tibiyal sinir H refleksi aşıl refleksinin elektrofizyolojik eş değeri olup özellikle S1 radikülopatilerde duyarlılığı yüksektir.

İğne EMG'de ise kas içine yerleştirilen bir elektrot ile ilgili kastaki elektriksel aktivite değerlendirilir. Motor nörondan çıkan uyarının kasta oluşturduğu aksiyon potansiyeline motor

ünite potansiyeli (MÜP) adı verilir. İğne ilgili bölgeye yakınsa MÜP'ün karakteristik görüntüsü ekranda görülür ve yine karakteristik bir ses ortaya çıkar.

İğne EMG'de öncelikle giriş aktivitesi değerlendirilir. Giriş aktivitesi iğnenin girişi ile kasta oluşan elektriksel aktivite boşalımdır. Sonrasında istirahat durumunda kasın spontan aktivitesi incelenir. Normal şartlarda istirahatte kasta herhangi bir aktivite beklenmez. Ekranda izoelektrik hat korunur ve sessizlik hakimdir. Patolojik durumlarda ise bu sessizlik bozulabilir ve anormal spontan aktivite bulguları (pozitif keskin dalgalar, fibrilasyon potansiyelleri gibi) saptanabilir.

Spontan aktivite değerlendirildikten sonra ilgili kasa hafif bir istemli kası yaptırılır ve MÜP analizi yapılır. Burada MÜP'lerin amplitüdü, süresi ve polifazi oranları gibi değerler incelenir. Sonrasında kasılma şiddeti artırılıp MÜP'lerin ardı sıra kasılmaya katılımı (rekruitman) değerlendirilir. Bundan sonra da hastaya tam kası yaptırılıp interferans paterni değerlendirilir.

Bütün bu elektrofizyolojik bulgular hastanın şikâyeti, şikayetlerinin süresi, fizik muayene bulguları, laboratuvar ve görüntüleme yöntemleri ile elde edilen bilgilerle birleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede ENMG ile sinir hasarının tespiti, lokalizasyonu, şiddeti, rejenerasyonun var olup olmadığı gibi önemli bilgiler daha doğru olarak tespit edilebilir [17].

İğne EMG'de dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli husus tetkikin yapılma zamanıdır. Bulguların oluşması için Wallerian dejenerasyonun tamamlanması gerekmektedir. Burada zamanlama hasarın olduğu sinir segmentine göre değişmekle birlikte ortalama üç haftalık bir süreç olarak ifade edilir. Bu sürenin öncesinde yapılan iğne EMG'de henüz anormal spontan aktivite bulguları oluşmayabileceği için klinisyeni yanıltıcı sonuçlar elde edilebilir.

Tüm bu bilgiler ışığında ENMG laboratuvarına gelen bir hastada istem yapan klinisyenin istem formunda yazan bilgiler ve ön tanı, ayrıntılı öykü ve fizik muayeneden edinilen bilgiler ile yapılacak işlemler iğne EMG ile değerlendirilecek kaslar ile ilgili ön planlama yapılır. İşlem sırasında edinilen bilgilere göre de yapılacak ek sinir iletim çalışmaları ve iğne EMG yapılacak kaslar belirlenir. İşlem sonunda mevcut elektrofizyolojik bulgular ayrıntılı bir şekilde rapor kısmında ifade edilerek bu bulguları açıklayacak en kapsamlı tanı elektrofizyolojik tanı olarak not edilir.

Üst Ekstremitede Sinir Hasarında Elektrofizyolojik Değerlendirme

Üst ekstremitede sinir hasarı ön tanısıyla gelen bir hastada öncelikle median, ulnar ve radyal sinirlerin motor ve duysal iletim çalışmaları yapılır. Aksillar sinir hasarı düşünülen hastada aksillar sinir motor iletim çalışmaları deltoid kası üzerinden yapılabilir. Medial ve lateral antebrakiyal kutanöz sinirlerin duysal iletim çalışmaları brakiyal pleksusun sırasıyla alt ve üst trunkus lezyonlarında önemli bilgiler verebilir. Yine median sinir duysal iletim çalışmalarında birinci parmaktan alınan kayıtlar üst trunkus lezyonu açısından anlamlı olabilir.

İğne EMG’de hem ön tanıya yönelik hem de tüm spinal seviyelerle periferik sinirlerin değerlendirildiği anahtar kaslar incelenir. Bunlara deltoid, biceps, triseps, ekstansör karpi radyalis, ekstansör indisis proprius, abduktor pollisis brevis ve birinci dorsal interosseöz kaslar örnek olarak verilebilir. Tablo 4’te bahsi geçen tüm kasların kök ve periferik sinir innervasyonları belirtilmiştir [18].

Kas	Periferik sinir	Kord	Trunkus	Kök
Rhomboidler	Dorsal skapular	-	-	C4 - <u>C5</u>
Deltoid	Aksillar	Posterior	Üst	<u>C5</u> - <u>C6</u>
Biceps	Muskulokutanöz	Lateral	Üst-Orta	<u>C5</u> - <u>C6</u>
Triseps	Radyal	Posterior	Orta	C6 - <u>C7</u> - C8
Ekstansör karpi radyalis longus	Radyal	Posterior	Üst-Orta	<u>C6</u> - <u>C7</u>
Ekstansör indisis proprius	Radyal (PIN)	Posterior	Orta-Alt	C7 - <u>C8</u>
Abduktor pollisis brevis	Median	Medial	Alt	<u>C8</u> - <u>T1</u>
Birinci dorsal interosseöz	Ulnar	Medial	Alt	<u>C8</u> - <u>T1</u>

Tablo 4: Üst ekstremitede iğne EMG’de değerlendirilen bazı anahtar kaslar Baskın kökler altı çizili olarak belirtilmiştir.

Üst trunkus lezyonları

Brakiyal pleksusun üst trunkusu C5 ve C6 köklerinden oluşur. ENMG'de median sinirin birinci parmaktan kaydedilen ve lateral antebrakiyal kutanöz sinir duyusal iletim çalışmalarında patoloji saptanması anlamlıdır. Bunun yanında iğne EMG'de özellikle deltoid, biceps, brakioradyalis, supraspinatus ve infraspinatusta patoloji saptanabilir. Üst trunkus lezyonununun C5 ve C6 kök hasarından ayırt edilmesinde rhomboid veya paraspinal kaslar kullanılabilir. Rhomboid kaslar dorsal skapular sinir tarafından innerve edilir ve dorsal skapular sinir doğrudan C5-C6 köklerinden ayrılır. Bu kasların normal olması lezyonun üst trunkusta olduğunu doğrular. Patolojik olması ise C5-C6 kök hasarını düşündürür. Ayrıca duyusal iletim çalışmalarının normal olarak saptanması da kök hasarı için daha anlamlıdır [19].

Orta trunkus lezyonları

Brakiyal pleksusun orta trunkusu C7 kökünden köken alır. Triseps, fleksör karpi radyalis ve pronator teres kasları sıklıkla etkilendir. C7 innervasyonlu üçüncü parmak median duyudaki bozulma orta trunkus lezyonu için anlamlı olabilir. C7 kök hasarı duyusal iletim çalışmalarının ve paraspinal kasların normal olduğu gösterilerek dışlanabilir [19].

Alt trunkus lezyonları

Brakiyal pleksusun alt trunkusu C8-T1 köklerinden oluşur. Sıklıkla abduktor pollisis brevis (APB), abduktor digiti minimi (ADM), birinci dorsal interosseöz, fleksör pollisis longus ve ekstansör indisis proprius kasları etkilenir. Sinir iletim çalışmalarında ulnar ve medial antebrakiyal kutanöz sinir duyusal iletim çalışmalarında patoloji saptanması alt trunkus lezyonu için anlamlı olabilir. C8-T1 kök hasarı duyusal iletim çalışmalarının veya paraspinal kas incelemelerinin normal olmasıyla dışlanabilir [19].

Lateral kord lezyonları

Muskulokutanöz sinir ve median sinirin C6-C7'den köken alan lifleri lateral kordu oluşturur. Klinik ve elektrofizyolojik olarak üst trunkus lezyonuyla karıştırılabilir. Sinir iletim çalışmaları üst trunkus hasarı ile benzer saptanabilir. Burada deltoid ve triseps kaslarının normal olması, biceps ve pronator kaslarının patolojik olarak saptanması hasarın lateral kordda olduğu yönünde destekleyicidir [19].

Posterior kord lezyonları

Aksillar, radyal ve torakodorsal sinirler posterior korddan kaynaklanır. Sinir iletim çalışmalarında radyal sinirin duyuşal ve motor iletim çalışmaları bozuk saptanabilir. Median ve ulnar sinirin duyuşal ve motor iletim çalışmaları normaldir. Deltoid, triseps, ekstansör karpi radyalis ve ekstansör indisis proprius kaslarında patolojik iğne EMG bulguları saptanabilir. Deltoid ve trisepsin birlikte etkilenmesinin yanında biseps kasının normal olarak değerlendirilmesi üst trunkus ve lateral kord lezyonlarından ayırt edilmesinde önemlidir [19].

Medial kord lezyonları

Medial kord alt trunkus anterior divizyonunun devamıdır. Klinik ve elektrofizyolojik bulgular alt trunkus lezyonuyla oldukça benzerdir. Ayırıcı tanıda C8'den köken alan radyal sinir innervasyonlu kas olan ekstansör indisis proprius (EİP) kası önemlidir. Alt trunkus hasarında EİP'te patolojik bulgu saptanır ancak EİP'in normal olması medial kord hasarını düşündürür [19].

Aksillar sinir lezyonları

Aksillar sinir hasarında aksillar sinir motor iletim çalışmalarında patoloji saptanabilir. İğne EMG'de deltoid kasında anormal bulgular saptanır. Hasarın aksillar sinirde lokalize olduğunun kanıtlanması için biseps ve supraspinatus kaslarının normal olduğu gösterilmelidir [20].

Muskulokutanöz sinir lezyonları

Biseps braki, brakiyalis ve korakobrakiyalis kasları muskulokutanöz sinir tarafından innerve edilir. Sinir iletim çalışmalarında muskulokutanöz sinir hasarını destekler bir bulgu olmamakla birlikte sinir iletim çalışmaları ayırıcı tanıda önemlidir. Pronator teresin normal olması lateral kord lezyonu ile ayırt edilmesinde kullanılır. Deltoidin normal olması ise üst trunkus hasarının ayırt edilmesinde önemlidir [20].

Median sinir lezyonları

İzole median sinir hasarında, median sinir duyuşsal iletim çalışmalarında duyuşsal sinir aksiyon potansiyeli (DSAP) amplitüdünde düşme, latansında uzama veya iletim hızında azalma tespit edilebilir. Median sinir motor iletim çalışmalarında ise birleşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) amplitüdünde azalma, distal latansında uzama, iletim hızında azalma veya iletim blokları tespit edilebilir. Median sinir hasarının şiddetinin belirlenmesi ve lezyon lokalizasyonu için iğne EMG gerekmektedir. Öncelikle median sinir ile innerve en distal kas olan abduktor pollisis brevis kası değerlendirilmelidir. Median sinir hasarında bu kasta denervasyon bulguları saptanacaktır. Bu noktada ayırıcı tanıdaki diğer patolojilerin dışlanması gerekir. Yine alt servikal segment ve alt trunkustan innerve olan ancak farklı periferik sinirden innerve olan bir kas iğne EMG ile incelenerek lezyonun daha proksimalde olup olmadığı değerlendirilmelidir. Örneğin abduktor digiti minimi ve birinci dorsal interosseöz kaslar alt trunkus innervasyonlu olmasına rağmen periferde ulnar sinir tarafından innerve edilir. Yine ekstansör indisis proprius alt trunkus ve radyal sinirin posterior interosseöz dalı ile innerve edilir. Bu üç kasın normal olması lezyonun median sinirde olduğunu gösterir.

Sinir hasarının median sinir üzerindeki lokalizasyonu için ise median sinir ile innerve olan daha proksimaldeki bir kasın değerlendirilmesi gerekmektedir. Pronator teres kası median sinirin innerve ettiği en proksimal kaslardan biridir ve bu kasın normal olarak değerlendirilmesi lezyonun ön kol seviyesinde olduğunu gösterebilir. Pronator teres kasında patolojik bulgu saptanması durumunda sinir hasarı daha proksimalde yani dirsek seviyesinde olacaktır.

Ulnar sinir lezyonları

Ulnar sinir hasarında, ulnar sinir duyuşsal iletim çalışmalarında duyuşsal sinir aksiyon potansiyeli (DSAP) amplitüdünde düşme, latansında uzama veya iletim hızında azalma tespit edilebilir. Ulnar sinir motor iletim çalışmalarında ise birleşik kas aksiyon potansiyeli (BKAP) amplitüdünde azalma, distal latansında uzama, iletim hızında azalma veya iletim blokları tespit edilebilir. İğne EMG'de öncelikle ulnar sinir innervasyonlu distal kaslardan birinci dorsal interosseöz veya abduktor digiti minimi kası değerlendirilir. Yine C8-T1 kök lezyonu, alt trunkus hasarı veya medial kord hasarının dışlanması için abduktor pollisis brevis ve ekstansör indisis proprius kasları incelenmelidir. Medial antebrakiyal kutanöz sinir duyuşsal iletim çalışmaları alt trunkus lezyonunun ekarte edilmesinde faydalı olabilir. Bu bulguların normal sınırlarda olması lezyonun ulnar sinirde olduğunu doğrular niteliktedir.

Hasarın ulnar sinirde lokalizasyonu için yine ulnar sinirin daha proksimalde innerve ettiği fleksör digitorum profundus veya fleksör carpi ulnaris kasları değerlendirilebilir. Bu iki kasta normal iğne EMG bulgularının saptanması lezyonun dirsek distalinde, patolojik bulgular saptanması ise lezyonun dirsek proksimalinde olduğunu gösterir.

Radyal sinir lezyonları

Radyal sinir triseps kasını uyardıktan sonra dirsek seviyesinde derin ve yüzeysel olmak üzere iki dala ayrılır. Yüzeysel dal duyuşal innervasyondan sorumluyken derin dal radyal sinirin motor dalıdır. Radyal sinirin derin dalı ekstansör karpi radyalis longus ve brevisi innerve ettikten sonra supinator kasının içine girer ve posterior interosseöz sinir (PIN) adını alır.

Radyal sinir hasarı düşünölen bir hastada radyal sinirin motor ve duyuşal iletim çalışmaları yol gösterici olabilir. Ayırıcı tanıda var olabilecek radikülopati, pleksopati gibi durumlar için iğne EMG şarttır. Ayrıca lezyonun radyal sinir üzerinde lokalize edilebilmesi için de iğne EMG gereklidir. Öncelikle PIN ile innerve olan distal kaslardan biri olan ekstansör indisis proprius kası değerlendirilir. Bu kasta bir patoloji olması radyal sinir hasarını düşündürebilir. Ayırıcı tanıda C8-T1 kök ve alt trunkus innervasyonlu olup farklı periferik sinir innervasyonlu diğerkaslar da değerlendirilmelidir. Bu kapsamda abduktor digiti minimi, birinci dorsal interosseöz ve abduktor pollisis longus kaslarından biri kullanılabilir. Bu kasların normal olması lezyonun radyal sinirde olduğunu doğrular niteliktedir.

Hasarın lokalizasyonunda radyal sinirin proksimal segmentlerinden innerve olan diğerkaslar da incelenmelidir. Bu bağlamda öncelikle supinator ve ekstansör karpi radyalis ve triseps kullanılabilir. Bu kaslardaki bulgulara göre lezyonun lokalizasyonu hakkında daha net veriler elde edilebilir.

Alt Ekstremitte Sinir Hasarında Elektrofizyolojik Değerlendirme

Alt ekstremitte sinir hasarı ön tanısıyla gelen hastada tibiyal ve peroneal sinir motor iletim çalışmaları, sural sinir duyuşal iletim çalışmaları yapılır. Femoral sinir veya lumbo-sakral pleksus hasarı düşünölen hastada femoral sinir motor iletim çalışmalarıyla saphen sinir duyuşal iletim çalışmaları yol gösterici olabilir. Yine yüzeysel peroneal sinir duyuşal iletim çalışmaları pleksus hasarında değerli olabilir.

Alt ekstremitede sinir hasarının tespitinde iğne EMG'nin önemi büyüktür. Gastroknemiusun medial başı, biceps femorisin kısa başı, peroneus longus, gluteus medius, ekstansör hallusis longus, tibialis anterior, kuadrisepsin vastus lateralis ve iliakus kasları sıklıkla değerlendirilen ve tüm spinal seviyelerle periferik sinirlerin değerlendirilebileceği anahtar kaslar olarak sıralanabilir. Bahsi geçen kasların kök ve periferik sinir innervasyonları Tablo 5'te belirtilmiştir. [18]

Kas	Periferik Sinir	Kök
Gastroknemius-medial	Tibiyal	<u>S1-S2</u>
Biceps femorisin kısa başı	Siyatik-Ortak peroneal	<u>L5-S1</u>
Peroneus longus	Yüzeyel peroneal	<u>L5-S1</u>
Gluteus medius	Superior gluteal	L4- <u>L5</u> -S1
Ekstansör hallusis longus	Derin peroneal	L4- <u>L5</u> -S1
Tibialis anterior	Derin peroneal	<u>L4-L5</u>
Kuadriseps-Vastus lateralis	Femoral	L2- <u>L3-L4</u>
İliakus	Femoral	<u>L2-L3-L4</u>

Tablo 5: Alt ekstremitede iğne EMG'de değerlendirilen bazı anahtar kaslar
Baskın kökler altı çizili olarak belirtilmiştir.

Peroneal sinir lezyonları

Peroneus longus ve brevis, tibialis anterior ve ekstansör hallusis longus kasları peroneal sinirden innerve olur. Peroneal sinir hasarının elektrofizyolojik incelemesinde peroneal sinir motor iletim çalışmalarında patolojik bulgular saptanabilir. Bunun yanında tibiyal sinir motor iletim çalışmalarının normal olması beklenir. İğne EMG'de ise peroneal sinir innerve kaslarda anormal bulgular saptanırken tibiyal sinir ve daha proksimalden innervasyon alan kasların normal olması beklenir. Radikülopatinin ekartasyonu için paraspinal kaslar veya gluteus medius kası kullanılabilir.

Tibiyal sinir lezyonları

Distalde gastroknemius ve abduktor hallusis longus kasları tibiyal sinirden innerve olur. Tibiyal sinir hasarının elektrofizyolojik incelemesinde tibiyal sinir motor iletim çalışmalarında anormal bulgular saptanabilir. İğne EMG'de gastroknemius ve abduktor hallusis longus kasında patolojik bulgular saptanırken peroneal sinir innervasyonlu kasların normal olması beklenir. Yine radikülopati ekartasyonu için paraspinal kaslar ile gluteus medius kası incelenmelidir.

Siyatik sinir lezyonları

Elektrofizyolojik inceleme sırasında hem tibiyal hem peroneal sinir innervasyonlu kaslarda anormal bulgular saptanması lezyonun daha proksimalde olabileceğini akla getirmelidir. Burada siyatik sinir, lumbosakral pleksus veya birden fazla kök hasarı düşünülüp ayırıcı tanı yapılmalıdır. İlk olarak biceps femorisin kısa başı incelenir. Biceps femorisin kısa başı siyatik sinir tibiyal ve ortak peroneal sinir olarak ayrılmadan önceki seviyede siyatik sinir tarafından innerve edilir. Bu kasta patolojik bulguların saptanması hasarın siyatik sinirde olabileceği ihtimalini yükseltir. Pleksus ve radikülopati ayrımı için paraspinal kaslar ve gluteus medius kası kullanılabilir.

Lumbosakral pleksus lezyonları

Yukarıda belirtildiği gibi ENMG sırasında distalde peroneal ve tibiyal sinir innervasyonlu kaslarda anormal bulguların saptanması hasarın proksimalde olabileceğini düşündürmelidir. Tibiyalis anterior, gastroknemius ve peroneus longus kaslarındaki anormal bulguların yanında kuadrisepsin vastus lateralisinde, iliopsoas ve gluteus medius kaslarında da anormal bulgu saptanması pleksus hasarını düşündürür. Pleksus ve kök ayrımında paraspinal kaslar ve duysal iletim çalışmaları önemlidir. Safen ve sural sinir duysal iletim çalışmalarının anormal olması ve paraspinal kasların normal olarak değerlendirilmesi pleksus hasarı için anlamlıdır [21].

Periferik Sinir Yaralanmasında Radyolojik Değerlendirme

Özellikle travmatik periferik sinir hasarı düşünülen bir hasta acil servise başvurduğunda sinir hasarının yanında komşu kemik yapı, yumuşak doku veya vasküler alanlarda da hasar meydana gelmiş olabileceğinden bu durumların ortaya konması önem taşır. Örneğin vasküler yaralanmanın tedavisi hayati önem taşıdığından sinir yaralanmasına göre daha öncelikli yaklaşım gerektirir. Yine hematoma, anevrizma gibi sinire lokal bası yaparak sinir hasarına sebep olabilecek durumlar BT, BT anjiyografi veya yüzeysel doku USG ile değerlendirilebilir. Bu sebeple acil servise başvuran hastaların öncelikle bu sebepler açısından değerlendirilmesi gerekmektedir. Direkt grafiler ve bilgisayarlı tomografi tetkikleri kırık tespiti için oldukça duyarlı yöntemlerdir. Vasküler yaralanmaların tespiti için doppler USG ve BT anjiyografi kullanılabilir [22].

Sinir hasarının tespitinde en etkin yöntemlerden biri elektrofizyolojik çalışmalardır. Ancak elektrofizyolojik çalışmaların da bazı dezavantajları mevcuttur. Bunlar içinde ENMG tetkikin zamanlaması sayılabilir. ENMG’de anormal spontan aktivite bulgularının tespit edilebilmesi için öncelikle Wallerian dejenerasyonunun tamamlanması gerekmektedir. Bu da her hastada ortalama 2-3 hafta bekleme süresi anlamına gelmektedir [17]. Acil tedavi gerektiren hastalarda bu bekleme süresi tedavi başarısı açısından dezavantaj oluşturabilmektedir.

Sinir hasarının tespit edilmesi, şiddetinin değerlendirilmesi ve tedavi takibi açısından diğer bir yöntem yüksek çözünürlüklü ultrasonografi (YÇU) ve MR nörografinin (MRN) kullanılmasıdır [23]. Zaidman ve arkadaşlarının 2013 yılında yayımladıkları bir çalışmada MRG’nin travmatik periferik sinir hasarında patolojiyi tespit etmede duyarlılığı %67 iken ultrasonografinin %93 olarak belirtilmiştir. Her iki tetkik için de özgüllük %86 olarak ifade edilmiştir [24]. Ayrıca Pauda ve arkadaşlarının 2013 yılında yayımladıkları bir çalışmada ultrasonun nörofizyolojik çalışmalara eklendiğinde sinir hasarı olan hastaların %58’inde tanı ve tedaviyi etkilediği vurgulanmıştır [25].

Sinir hasarına ilişkin USG ve MRG bulguları Tablo 6’da gösterilmiştir [22].

	USG	MRG
Direkt Bulgular	<ul style="list-style-type: none"> Fokal veya diffüz hipoekojenite Sinir çapında genişleme Fasiküllerde normal görünümün kaybolması/heterojenite/devamsızlık/kalınlaşma Perinöral ve intranöral ekojenitede artış İntranöral vaskülarite artışı 	<ul style="list-style-type: none"> T2w görüntülerde hiperintensite Sinirde genişleme Büyük sinirlerde fasiküllerde silinme ve genişleme Perinöral yağ invazyonu veya kalınlaşması FA değerlerinde azalma, GDK değerlerinde artma Traktografide liflerde devamsızlık
İndirekt (Denerve kasa ait) Bulgular	<ul style="list-style-type: none"> Kasta heterojen görüntü Kas atrofisi 	<ul style="list-style-type: none"> Akut denervasyonda T2’de hiperintens görüntü Kas atrofisi ve kasta yağ invazyonu

Tablo 6: Periferik sinir hasarının radyolojik değerlendirilmesinde USG ve MRG bulguları

GDK: Görünür difüzyon katsayısı

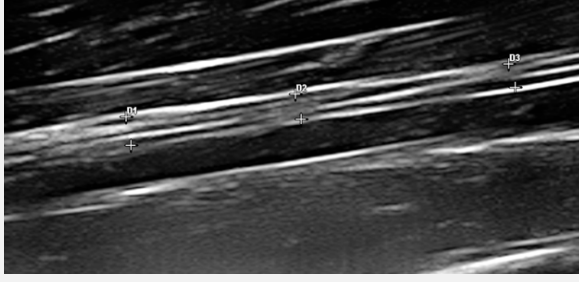
FA: Fraksiyone anizotropi

US ve MRG’nin bazı avantaj ve dezavantajları vardır ve birlikte kullanıldıklarında birbirini tamamlayıcı olarak işlev görürler. Her iki tetkikin avantaj ve dezavantajları Tablo 7’de açıklanmıştır [22].

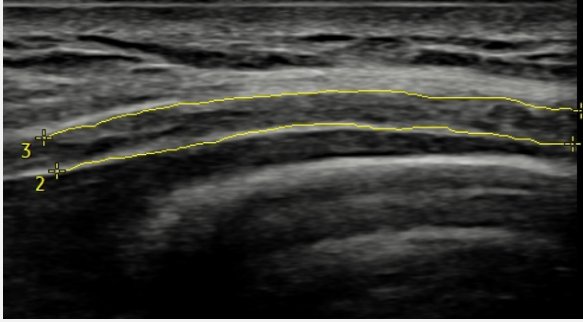
	Ultrasonografi	MRG
Güçlü Yönler	<ul style="list-style-type: none"> • Sinir morfolojisi ve fasikül yapısının değerlendirilmesinde daha yüksek çözünürlüğe sahip • Daha kısa sürede daha uzun sinir segmenti değerlendirilebilir • Kontralateral taraf ile daha kolay karşılaştırma yapılabilir • Perinöral girişimler için klavuz olarak kullanılabilir • Daha ucuz ve daha hızlıdır • Bilinen kontrendikasyonu yoktur • Cerrahi implant olan alanların değerlendirilmesinde daha başarılıdır • Yüzeysel sinirlerin (dijital sinirler, radyal sinirin yüzeysel duyu dalı gibi) değerlendirilmesinde daha etkindir • Doppler ile intra ve perinöral konjesyon değerlendirilebilir 	<ul style="list-style-type: none"> • Daha objektif veriler sunar • Denerve kastaki indirekt bulguların değerlendirilmesinde daha iyidir • Daha derindeki yapılar daha iyi değerlendirilir • Kemik iliği ödemi ve kırıklar daha iyi değerlendirilir • Tüm yumuşak doku tek bir görüntülemeyle daha iyi ortaya konabilir
Zayıf yönler	<ul style="list-style-type: none"> • Operatör bağımlıdır ve öğrenmesi zaman alır • Longitudinal eksenindeki anizotropi yorumlama hatalarına neden olabilir • Obez hastaların ve derinde yer alan sinirlerin değerlendirilmesi zordur 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrahi implantlar artefakta sebep olabilir • Özellikle yüzeysel ve ince sinirlerde olmak üzere sinir morfolojisine dair daha düşük çözünürlüğe sahiptir • Klostrofobi ve kardiyak pace-maker olan hastalarda kullanılamaz • “Magic Angle” artefaktı değerlendirme hatalarına neden olabilir

Tablo 7: Periferik sinir hasarının radyolojik değerlendirilmesinde USG ve MRG'nin güçlü ve zayıf yönleri

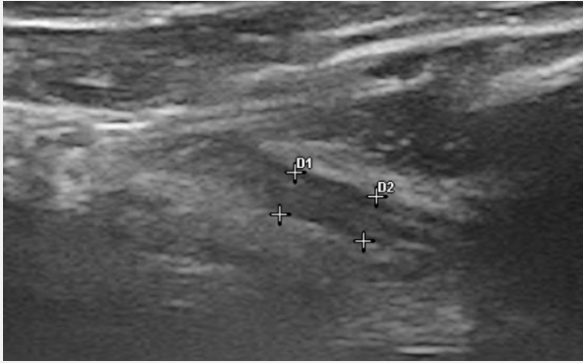
Periferik sinir hasarının sonografik değerlendirmesine ilişkin görüntüler ve Jiaan Zhu sınıflamaları Şekil 4'te gösterilmiştir [15].



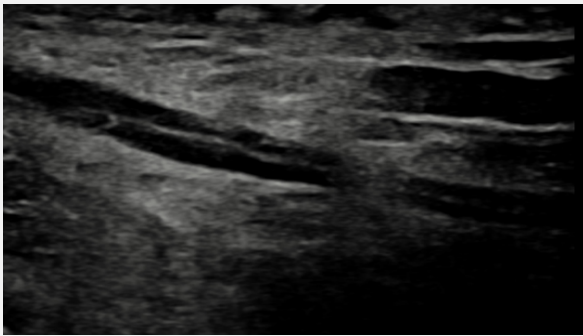
A: Jiaan Zhu Tip 1. Median sinirin ön kol düzeyinde longitudinal düzlemde görüntüsü. Normal görünüm.



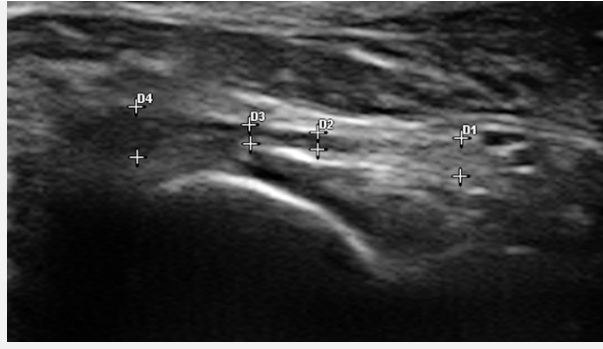
B: Jiaan Zhu Tip 2. Radyal sinirin spiral olukta longitudinal düzlemde görüntüsü. Sinir lifleri arasında ödematöz değişiklikler mevcut. Epinöryum ve perinöryum intakt görünümde.



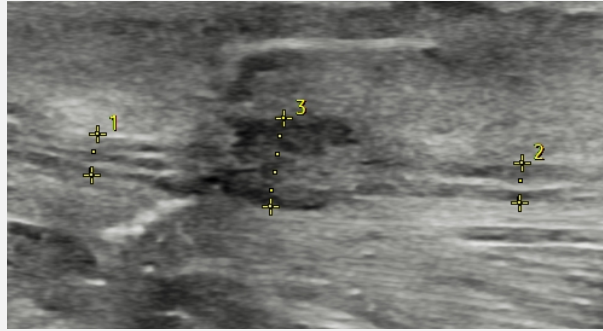
C: Jiaan Zhu Tip 3. Radyal sinirin posterior interosez dalının supinator kasının içinde longitudinal görüntüsü. Epinöryum intakt. Bazı liflerde hipoekoik lezyonlar mevcut iken bazı lifler normal.



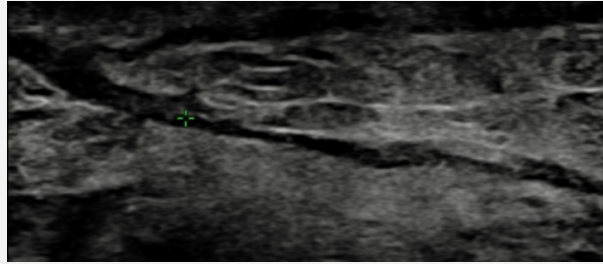
D: Jiaan Zhu Tip 4. Peroneal sinir fibula başı proksimali seviyesinde longitudinal görüntüsü. Yalnızca epinöryum intakt. Sinir hipoekoik lezyon olarak görülmekte.



E: Jiaan Zhu Tip 5. Radyal sinirin posterior interosseöz dalının supinator kası distalinde longitudinal görüntüsü. Epinöryum devamlılığı olmayıp bazı liflerde hipoeoik lezyonlar görülürken bazı lifler normal görünümde.



F: Jiaan Zhu Tip 6. Ulnar sinirin el bilek seviyesinden 10 cm proksimali segmentinde epinöryum devamlılığı izlenmemekte. Perinöryum ve normal sinir lifi izlenmiyor.



G: Jiaan Zhu Tip 7. Peroneal sinirin fibula başı distalinde sinir yerine skar dokusu görülmesi.

Şekil 4: Periferik sinir hasarında bazı ultrasonografik görüntüler ve Jiaan Zhu sınıflamaları

Sinir hasarının görüntülenmesi ile hasarın şiddeti ve derecesi ortaya konabilir, yaralanma düzeyi kesin olarak tespit edilebilir, hasarlı fasiküllerin oranı görülebilir. Bununla birlikte hematoma, skar dokusu, fragmente kemik, yabancı cisim gibi diğer tedavi edilmesi gereken durumlar tespit edilebilir. Eğer cerrahi planlanacaksa cilt üzerinden işlem yapılacak bölgenin net olarak işaretlenmesi sağlanabilir. Ayrıca operasyon sonrası takipte kullanılması mümkündür [22].

Periferik Sinir Yaralanmasında Tedavi ve Rehabilitasyon

Periferik sinir yaralanmalarında öncelikli olarak karar verilmesi gereken husus cerrahi yapıp yapılmayacağıdır. Yaralanma mekanizması, yaralanma sonrası geçen süre, lezyonun şiddeti ve lokalizasyonu gibi faktörler bu kararın alınmasında etkili olan başlıca etmenlerdir.

Sunderland evre 5 tipi yaralanmalar mutlak ve evre 6 tipi yaralanmalar sıklıkla cerrahi gerektirirken evre 3 ve 4 yaralanmalarda sinir bütünlüğü korunmuş olduğu için ön planda cerrahi düşünülmebilir ancak aralıklı elektrofizyolojik incelemelerde iyileşme belirtisi gözlenmeyen evre 3 ve 4 yaralanmalarda cerrahi düşünülmalıdır. Sunderland evre 1 ve 2 yaralanmalar ise tipik olarak cerrahisiz tedavi edilir [14] [26].

Kapalı yaralanmalarda muhtemelen sinir bütünlüğü korunmuş olduğundan cerrahi ertelenebilir. Karar seri klinik ve elektrofizyolojik incelemeler ile verilir. Beklenen sürede iyileşme belirtisi görülmezse cerrahi kararı alınır. Bıçak gibi keskin cisimlerle olan yaralanmalarda sinir uçları temizdir ve ödem izlenmez. Bu durumda erken cerrahi yapılmalıdır ancak künt travmalarla oluşan nörotmetik yaralanmalarda sinir uçlarında düzensizlik, ödem, skar gibi dokular izleneceğinden erken dönemde cerrahi yapılmaz. Bu durumlarda sinir uçlarının seçilebilir hale gelmesi için 3 hafta kadar beklenmesi gerekir [16].

Elektrofizyolojik bulgular cerrahi tedavi kararında önemli bir yere sahiptir. Özellikle Sunderland evre 4 ve 5 lezyonlarda takip sırasında sinir iyileşmesinin günde 1 mm ilerleyeceği hesaba katılarak hesaplanan sürede ilgili kasta reinnervasyon bulgusunun ortaya çıkmaması cerrahi kararı verilmesinde etkilidir [22].

Hasara uğrayan kasın en distalde innerve ettiği kasta geri dönüşümsüz değişiklikler görülmeden önce (12-18 ay) reinnerve olacak şekilde cerrahi tamir zamanlaması planlanmalıdır. Örneğin hipotenar bölgeden 9 cm proksimaldeki komplet ulnar sinir hasarında iyileşmenin hipotenar bölgeye ulaşmasının kabaca 3 ay sürmesi beklenir. Cerrahi tedavinin de en geç 9. ayda planlanması gerekir [16].

Cerrahi dışı tedavilerden ilki ağrı tedavisidir. Öncelikle ağrı kaynağının tespit edilmesi gerekir. Nöropatik ağrıda trisiklik antidepresanlar, gabapentinoidler veya opioidler kullanılabilir. Nöroma gelişmesi durumunda cerrahi eksizyon veya sinir blokları uygulanabilir [27].

Rehabilitasyonda amaç mümkün olan en iyi fonksiyonel duruma ulaşılması ve komplikasyonların önlenmesidir. Yaralanma bölgesine komşu eklem hareket açıklıklarının korunması önemlidir. Bu amaçla eklem hareket açıklığı egzersizleri, atel ve splintler kullanılabilir. Denerve kasta elektriksel stimülasyon kullanılması kas atrofisini önleyebilir. Haastert-Talini ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yayımlanan bir çalışmada düşük frekanslı elektrik stimülasyonun sinir rejenerasyonunu ve motor reinnervasyonunu hızlandırılabileceği, yüksek frekanslı stimülasyonun ise iyileşmeyi yavaşlatabileceği gösterilmiştir [28]. Kas reinnerve olduktan sonra güçlendirme ve biyofeedback egzersizleri başlanabilir.

Çift Ezilme Sendromu (ÇES) (Double Crush Sendromu)

Çift ezilme sendromu (ÇES); ilk olarak Upton ve Mc Comas tarafından 1973 yılında tanımlanan, klasik olarak bir sinirin birden fazla yerde bası altında kalması durumudur. Herhangi bir periferik sinir tuzak nöropatisi ile başvuran bir hastada aynı sinirin proksimalinde farklı bir tuzak nöropati saptanması olasılığının yüksek olduğundan bahsedilir. Sıklıkla sorumlu tutulan fizyopatoloji; proksimaldeki bir sinir hasarının neden olduğu aksonal transportta bozulma, venöz dönüşün yetersiz hale gelmesi ile sinirin distal segmentlerinin tuzaklanmaya daha duyarlı hale gelmesi olarak açıklanır [29].

ÇES'in tanınmasında ayrıntılı öykü, fizik muayene, laboratuvar bulguları ve görüntüleme yöntemlerinin yanında elektrofizyolojik incelemeler önemlidir. İzole tek bir yerde var olan bir tuzak nöropati ile karşılaştırıldığında tedavi sonrası fonksiyonel durum ÇES için daha kötüdür [30]. Hasarın birinin tedavisi yeteri kadar iyileşme sağlayamamaktadır. Bununla birlikte ÇES ile ilgili literatür yetersiz olup tanıda hangi yöntem ya da yöntemlerin kullanılması gerektiği net değildir.

Çift Ezilme Sendromu ENMG ile tanımlanırken birtakım kısıtlılıklarla karşılaşılabilir. Bunlardan en önemlisi sinir üzerinde proksimalde bir yaralanma olduğunda ENMG bulguları daha distalde olan ek bir yaralanmaya ait elektrofizyolojik bulguları gölgelemektedir. Örneğin araç içi trafik kazası sonrası siyatik sinir hasarı gelişen bir hastada ek olarak peroneal sinirin de fibula başı distalinde yaralandığında elektrofizyolojik bulgular yalnızca siyatik sinir hasarı olan hastanın bulguları ile benzer olacaktır. Bu sebeple hastanın peroneal sinirindeki yaralanmanın atlanma olasılığı oldukça yüksektir. ÇES'e ilişkin yaralanmaların yalnızca ENMG ile gözden kaçma olasılığının da yükseleceği söylenebilir. Bu nedenle ENMG ve

klirik değerlendirmeye ek olarak bir görüntüleme yöntemi kullanılması bu sorunun çözülmesi için önem taşımadır.

Kas iskelet sistemi ultrasonografisi 2000’li yıllarda yüksek frekanslı problemlerin gelişmesi ardından önce bilimsel çalışmalarda kullanılmaya başlanmış, sonrasında günlük pratiğin vazgeçilmez bir değerlendirme yöntemi haline gelmiştir. USG ile periferik sinirler gözlenebilmekte, periferik sinirlerin yapı ve boyutu ölçülebilmektedir. Sinirde oluşan hasarın yanı sıra hasara neden olan durumlar hakkında bilgi sağlayabilmektedir. Ucuz olması, uzun sinir segmentlerinin işlem sırasında değerlendirilebilmesi, sağlam ekstremitayla karşılaştırma imkanının olması, sinir fasiküllerinin incelenebilir olması ultrasonografinin avantajları arasında sayılabilir ancak kişi bağımlı olması, öğrenmenin zor olması ve vakit istiyor olması, erken dönemde hastaların açık ve enfekte yaralarının olması ultrasonografinin dezavantajları olarak ifade edilebilir [22].

Ülkemizde yaşanan 6 Şubat deprem felaketinde enkaz altından kurtarılan binlerce insanda çeşitli kas iskelet sistemi yaralanmaları meydana gelmiştir. Enkaz altında uzun süre kalmanın sebep olduğu basılar ve doğrudan gelişen travma nedeni ile hastalarda farklı lokalizasyon ve Őiddetlerde sinir hasarları gelişmiştir. Bu süreçte kliniğimize yönlendirilen tüm hastaların gerekli fizik muayene ve tanısıl tetkiklerin tamamlanmasıyla rehabilitasyon programı hızlıca düzenlenmiştir.

Depremzede hastalarda ağır bir enkaz altında saatlerce-günlerce sabit kalınması, basına bağlı sinir hasarlarının birden fazla yerde olmasına neden oluyor olabilir. Özellikle bir periferik sinirin proksimalindeki bir hasar aynı sinir segmentinin distalinde de var olan sinir hasarını hem klinik hem de elektrofizyolojik olarak maskeleyebilir.

Çalışmamızın hipotezi yüksek enerjili fiziksel travma yaşayan depremzede hastalarda çift ezilme sendromunun tanısında ultrasonografinin ENMG ve kliniğe eklenmesinin tanı oranında artış sağlayacağıdır.

Bu hipotez doğrultusunda amacımız yüksek enerjili bir travmaya maruz kalan ve sinir yaralanması olan hastalarda eşlik eden periferik sinir hasarının tanısında ultrasonografinin yararını ve kullanım prensiplerini ortaya koymaktır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Çalışmamıza 6 Şubat depreminde yaralanmış ve üniversitemiz hastanelerine sevk edilen hastalar yaş sınırı olmadan dahil edilmiştir. Hastalar ilk olarak bir FTR hekimi tarafından (Doç. Dr. Zeynep Kardelen GENÇER ATALAY) standardize edilmiş bir yöntemle değerlendirilmiş ve olası tanılar not edilmiştir. Çalışmaya en küçüğü 13 en büyüğü 64 yaşında olmak üzere toplam 15 sinir hasarı düşünülen depremzede hasta dahil edilmiştir. Her hasta ayrıntılı bir fizik muayeneye tabi tutulmuş ve klinik ön tanıları belirlenmiştir. Hastaların ilgili klinik ön taniya göre ENMG tetkikleri yapılmıştır. Birinci hekimin yönlendirmesi ile periferik sinir hasarına yönelik ENMG en az 2 hafta geçtikten sonra Marmara Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon AD ENMG laboratuvarlarında ilk klinisyenden farklı bir uzman (Prof. Dr. İlker YAĞCI) tarafından elektrofizyolojik incelemeler tamamlanmıştır. ENMG sonrası periferik sinirlerin ultrasonografik incelemesi üçüncü bir klinisyen tarafından (Dr. Yasin OKUMUŞ) tamamlanmıştır. Tüm klinik, elektrofizyolojik ve ultrasonografik incelemeler standardize olması açısından çalışma öncesinde dikkatle belirlenmiştir. Hastalar elde edilen verilere göre rehabilitasyona alınmış, rehabilitasyon sonrası değerlendirmeler her üç hekim tarafından yapılmıştır.

Klinik Değerlendirme

Büyük çoğunluğu majör travma geçiren hastalar yataklarında birinci klinisyen tarafından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede travma sonucunda oluşmuş fraktür, yumuşak doku zedelenmesi, cilt bütünlüğü, kompartman sendromu gibi sık izlenen klinik durumlar not edilmiş, standardize bir yöntemle nörolojik muayeneleri tamamlanmıştır. Klinik muayene bulgularıyla olası sinir yaralanmalarına yönelik ön tanılar not edilmiş ve hastalar uygun yöntemlerle tedavi ve rehabilitasyona alınmıştır. Deprem nedeniyle yakınlarını, oturdukları evlerini kaybetmiş olan hastaların duygu durumları göz önüne alınarak en uygun yaklaşım ile yaralanmadan en az iki hafta sonra elektrofizyolojik incelemeleri yapılmak üzere planlamaları yapılmıştır. Bu iki hafta süre içerisinde klinik durumdaki değişiklikler için hastalar günlük olarak ziyaret edilmiş, Ortopedi ve Travmatoloji ile Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi başta olmak üzere diğer bölümler ile en uygun şekilde yara bakımları ve müdahaleleri yapılmıştır.

Elektrofizyolojik Değerlendirme

Hastaların önemli bir kısmında açık yaralar ve temas izolasyonu bulunduğundan tüm elektrofizyolojik incelemeler öncesinde kullanılan tüm elektrotlar ve cihaz dezenfeksiyon koşullarına uygun olarak hazırlanmış, işlemler dezenfeksiyon ve izolasyon kurallarına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ön tanılarına göre hastalara gerekli olan sinir iletim çalışmaları ve iğne ENMG planı oluşturulmuştur. Hastaların yoğun ağrı problemi yaşamaları, çoğunda tetkik yapılacak ekstremitelerde açık yara bulunması nedeniyle en az sinir ve kas incelemesi ile en yeterli bilgiye ulaşmak için ENMG planı hastaya özgül olarak oluşturulmuştur. Genel hatlarıyla bakıldığında alt ekstremitelerde sinir hasarı düşünülen hastalarda peroneal ve tibiyal sinir motor iletim çalışmaları, sural sinir duyuşal iletim çalışmaları ile gastroknemius, peroneus longus, tibiyalis anterior, vastus lateralis, biceps femorisin kısa başı ve gluteus medius kaslarından iğne EMG yapılmıştır. Üst ekstremitelerde sinir hasarı düşünülen hastalarda median, ulnar, radyal, medial ve lateral antebraikiyal sinir duyuşal iletim çalışmaları, median ve ulnar motor iletim çalışmaları ile deltoid, biceps, triseps, birinci dorsal interosseöz, ekstansör indisis proprius, abduktor pollisis brevis kaslarından iğne EMG yapılmıştır. Tüm hastaların elektrofizyolojik tanıları kaydedilmiş, ENMG tetkikinden sonra hastalara periferik sinir ultrasonu yapılmıştır.

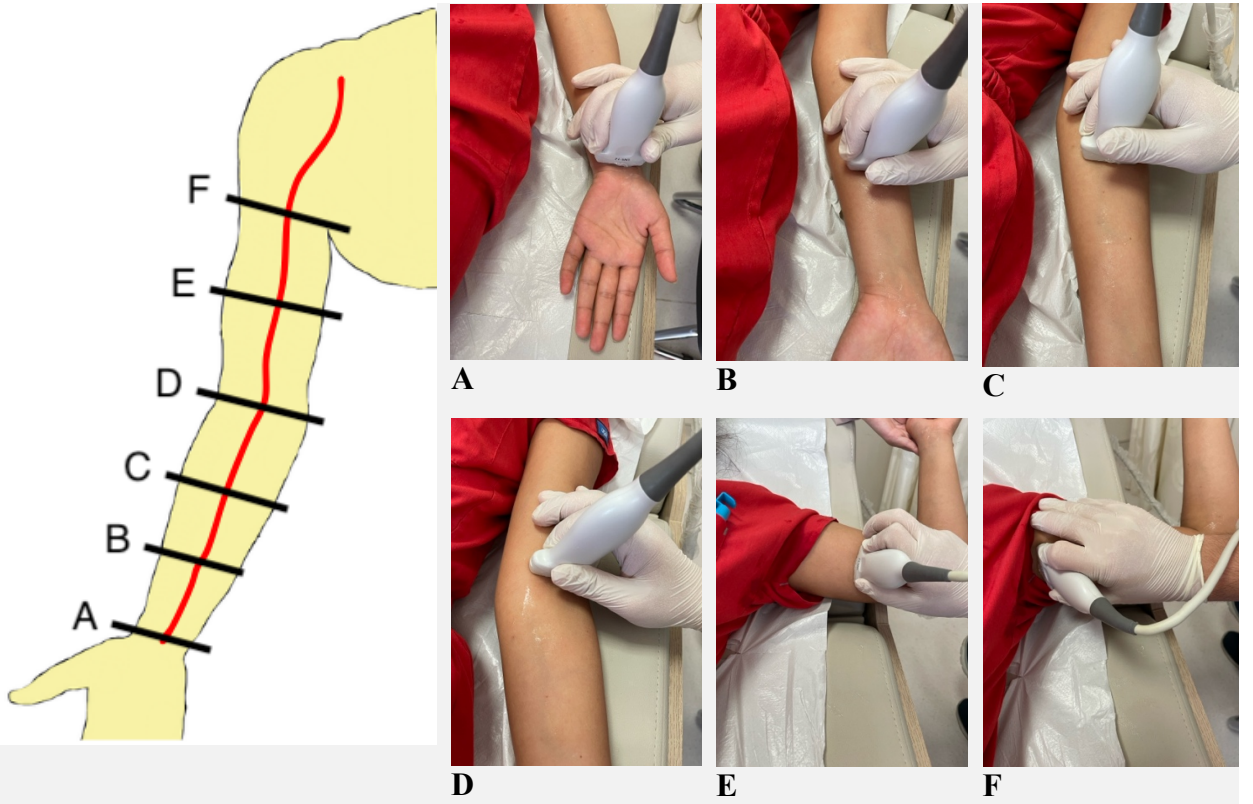
Ultrasonografik Değerlendirme

Periferik sinir ultrasonunda üst ekstremitelerde median, ulnar ve radyal sinirler; alt ekstremitelerde ise siyatik, tibiyal ve peroneal sinirler incelenmiştir. Sinir hasarına dair ultrasonografik bulgular sinir lifleri arasında ödem, karşı ekstremitelerle karşılaştırıldığında sinirde çap artışı, epinöryum veya perinöryum devamlılığının izlenmemesi ve sinir yerine skar dokusu izlenmesi olarak belirlenmiştir. İşlem tekniğine yönelik ayrıntılı bilgiler aşağıda incelenmiştir.

Median sinir

Median sinir öncelikle anatomik nötral pozisyonda el bilek volar yüzünden fleksör retinakulumun hemen altında aksiyal düzlemde görüntülendi. Sinir trasesi boyunca aksiyal düzlemde aksillar fossaya kadar ön değerlendirme yapıldı. Çap artışı, ekojenitede azalma, sinir çevresinde ödem, skar gibi sinir hasarı bulguları saptanan bölgeler not edildi ve buralarda longitudinal görüntüler alındı (Şekil 5). Longitudinal kesitte hasarın Jiaan Zhu derecesi kaydedildi.

Aksiyal düzlemde yaralanma bulgusu olsun veya olmasın tüm hastalarda median sinir fleksör retinakulumun altında (el bilek seviyesinde), fleksör digitorum superfisiyalis ve profundus arasında, pronator teres hizasında, dirsek hizasında, dirsek ile aksilla mesafesinin orta noktasında ve aksillar fossada değerlendirildi ve aksiyal kesitte çap ve alan ölçümleri sonografik olarak yapıldı. Dirsek ile aksilla arası orta noktası mezura kullanılarak tespit edildi. Humerus ortası ve aksilladan ölçümler alınırken omuza 90 derecelik bir abduksiyon açısı verildi. Bu iki seviye dışında ölçümler alınırken üst ekstremiteler nötral pozisyondaydı. Karşı ekstremiteler ile karşılaştırıldığında çap ve alan farkı olan seviyelerde longitudinal görüntüler elde edildi ve sinir hasarı derecesi Jiaan Zhu sınıflamasına göre belirlendi.



Şekil 5: Median sinirin ultrasonografik görüntüleme metodu

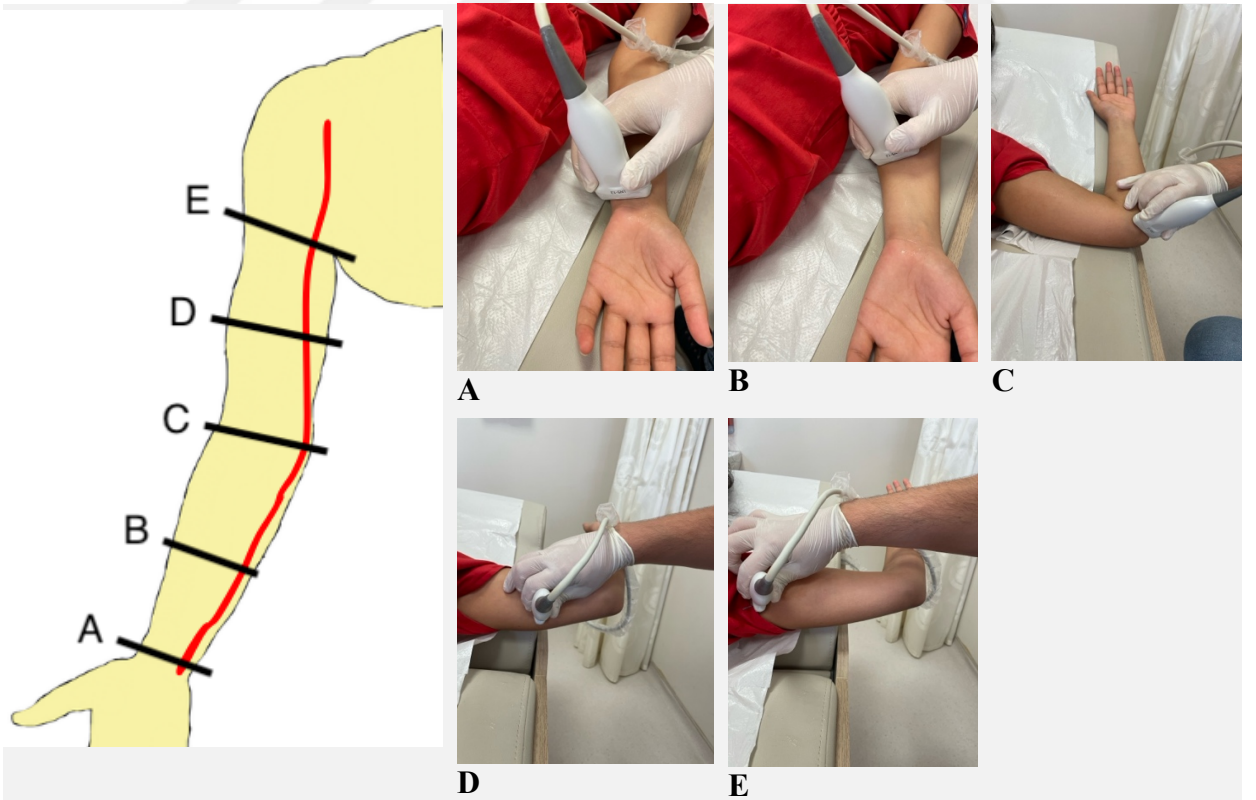
A: El bilek seviyesinde fleksör retinakulum altında, **B:** FDP-FDS kasları arasında, **C:** Pronator kasi hizasında, **D:** Dirsekte brakiyal arter komşuluğu seviyesinde, **E:** Medial epikondil ile aksillar fossanın arasındaki orta noktada, **F:** Aksillada değerlendirilmesi.

FDP: Fleksör digitorum profundus
FDS: Fleksör digitorum superfisiyalis

Ulnar sinir

Ulnar sinir ilk olarak nötral pozisyonda el bilek volar yüzünde psiform kemiğin üzerinde ulnar arterin yanında aksiyal kesitte görüntülendi. Sinir trasesi boyunca aksiyal kesitte aksillar fossaya kadar hızlı değerlendirme yapıldı ve sinir hasarı bulguları olan seviyeler not edildi. Bu bölgelerde çap-alan ölçümleri alındı ve longitudinal görüntülerle sinir hasarının derecesi Jiaan Zhu sınıflamasına göre belirlendi.

Aksiyal kesitte yaralanma bulgusu olsun veya olmasın bilateral ulnar sinirler psiform kemik üzerinde, ulnar arter ile ayrılma seviyesinde, kübital tünelde, dirsek ile aksilla arası mesafenin orta noktasında ve aksillar fossada aksiyal kesitte ölçümleri yapıldı. Dirsek ile aksilla arası orta noktanın belirlenmesinde mezura kullanıldı. Ön kol düzeyinde ölçümler nötral pozisyonda yapılırken kübital tünelde ulnar sinir görüntülemesi için üst ekstremiteye 90 derece omuz abduksiyonu, 90 derece dirsek fleksiyonu ve 90 derece omuz dış rotasyonu pozisyonu verildi. Humerus ortasından ve aksilladan ölçümler de aynı pozisyonda yapıldı (Şekil 6). Karşı ekstremitelerle karşılaştırıldığında çap ve alan farkı olan seviyelerde longitudinal görüntüler elde edildi ve sinir hasarı derecesi Jiaan Zhu sınıflamasına göre belirlendi.



Şekil 6: Ulnar sinirin ultrasonografik görüntüleme metodu

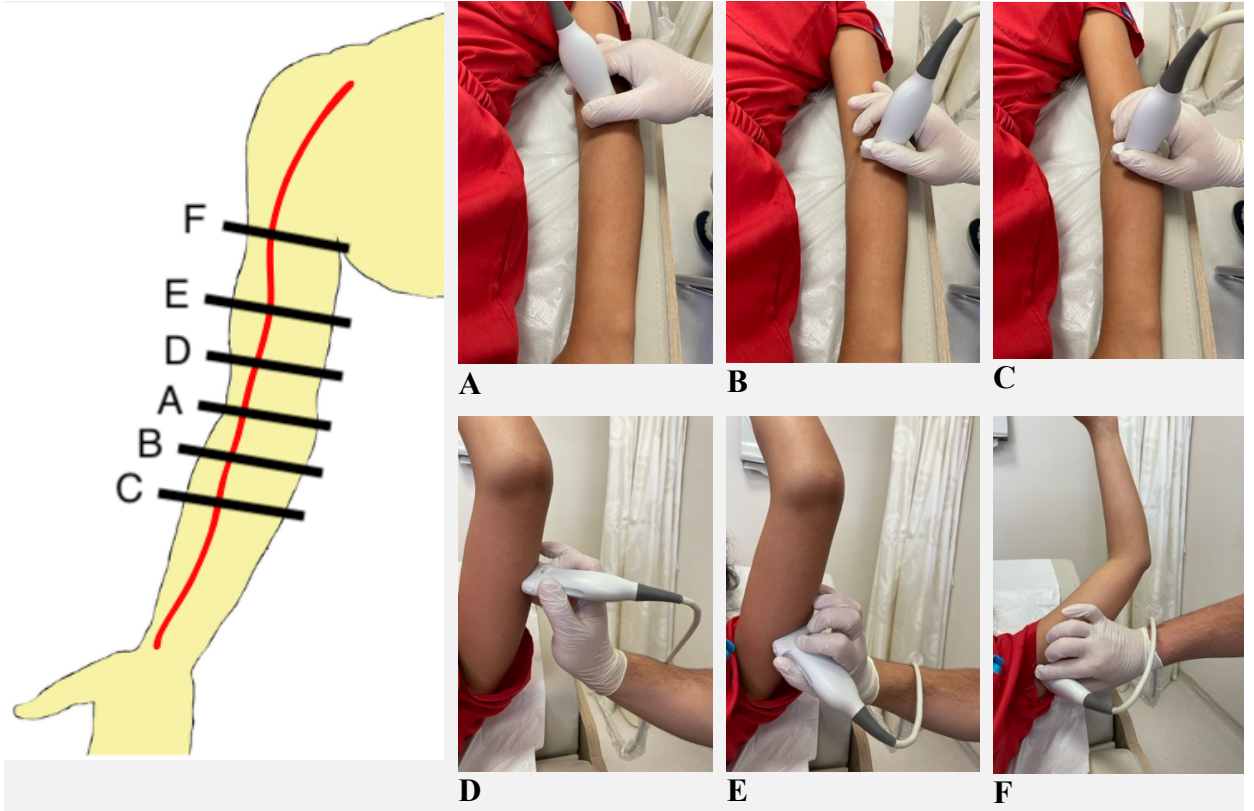
A: El bilek seviyesinde psiform kemik hizasında, **B:** Ulnar arter ve sinirin birbirinden ayrıldığı seviyede, **C:** Kübital tünel hizasında, **D:** Medial epikondil ile aksillar fossanın arasındaki orta noktada, **E:** Aksillada değerlendirilmesi.

Radyal sinir

Radyal sinir ilk olarak istirahat pozisyonunda dirsek seviyesi mediolateralinde volar yüzde aksiyal kesitte görüntülendi. Buradan distale doğru yüzeysel ve derin dallarını verdikten sonrasında derin dalı supinator kasının içine kadar aksiyal kesitte takip edildi. Sonra tekrardan birinci görüntünün alındığı yerde sinir görüntülenip proksimale doğru aksiyal kesitte takip edildi ve en son aksillada görüntülendi. Bu süreçte sinir hasarı bulgusu saptanan yerler not edildi ve longitudinal görüntüleri alınarak sinir hasarının derecesi belirlendi.

Aksiyal kesitte yaralanma bulgusu olsun veya olmasın bilateral radyal sinir supinator kasının içinde (PIN), supinator kasına girmeden önce (PIN), dirsek seviyesinde derin ve yüzeysel dallarını vermeden hemen önce, dirsek ile spiral oluk arası mesafenin orta noktasında, spiral oluk düzeyinde ve aksillar fossada aksiyal görüntülerle çap ve alan ölçümleri yapıldı. Spiral oluk seviyesi sonografik olarak cilt üzerinde tespit edildikten sonra spiral oluk ile dirsek arası mesafenin orta noktası mezura kullanılarak tespit edildi.

Radyal sinirin derin ve yüzeysel dalları ayrılmadan önceki seviyede (dirsek seviyesinde) görüntüler nötral pozisyonda elde edildi. Supinator kasa girmeden ve supinator kas içinde PIN görüntülemesi için ön kola 90 derece pronasyon yaptırıldı. Spiral oluk ile spiral oluğun distalindeki ölçüm için omuz 90 derece fleksiyona getirildi. Aksilladaki ölçüm için ise omuza ek olarak 90 derece abdüksiyon yaptırıldı (Şekil 7). Karşı ekstremitte ile karşılaştırıldığında çap ve alan farkı olan seviyelerde longitudinal görüntüler elde edildi ve sinir hasarı derecesi Jiaan Zhu sınıflamasına göre belirlendi.

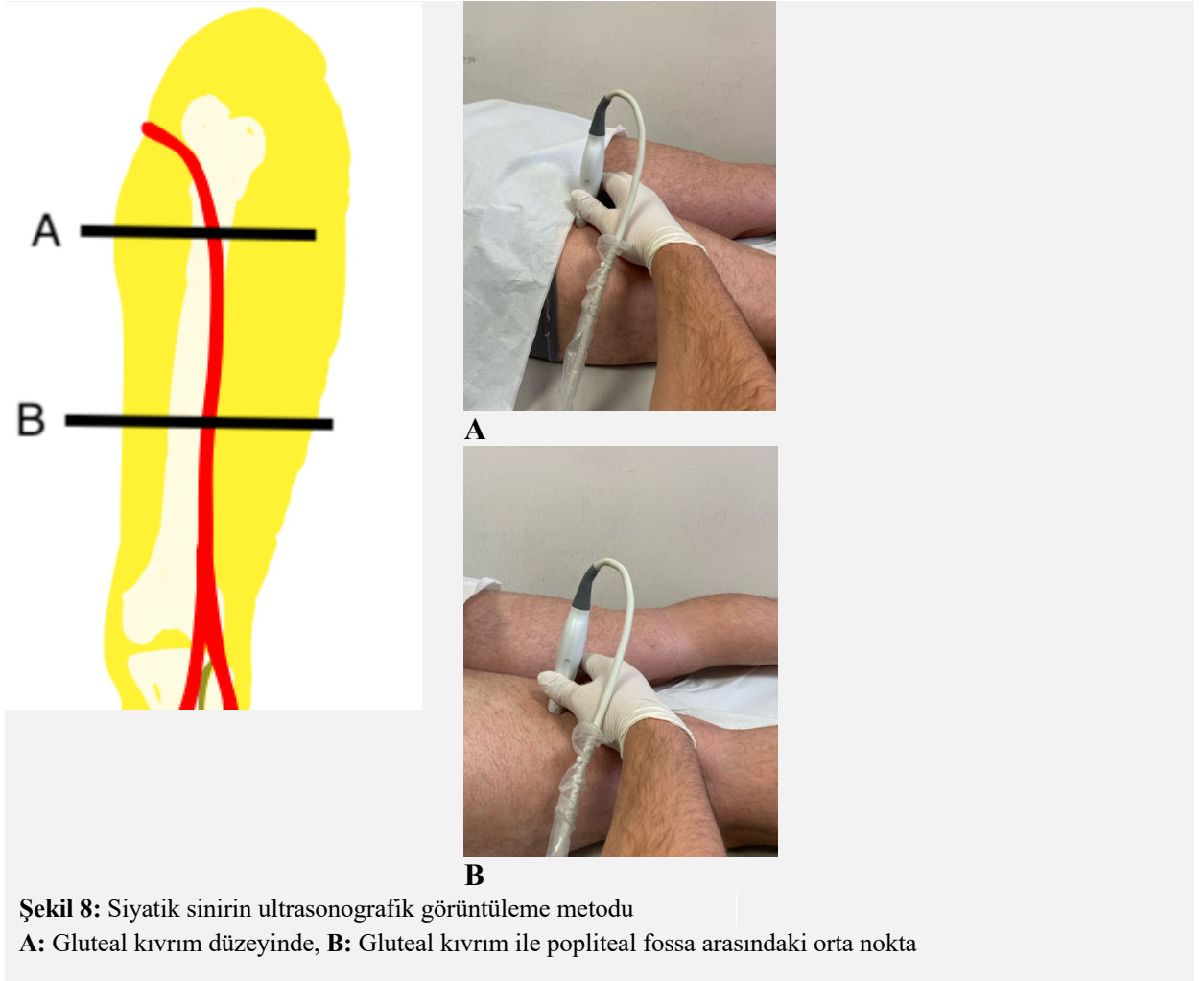


Şekil 7: Radyal sinirin ultrasonografik görüntüleme metodu

A: Humeroradyal eklem düzeyinde, **B:** Supinator kası proksimalinde, **C:** Supinator kası hizasında, **D:** Spiral oluğun distalinde, **E:** Spiral oluk seviyesinde, **F:** Aksillada değerlendirilmesi.

Siyatik sinir

Siyatik sinirin sonografik incelemesi hasta pron pozisyonundayken yapıldı. İlk olarak gluteal kıvrım hizasında siyatik sinir aksiyal kesitte bulundu ve distale doğru takip edildi. Hızlı değerlendirmede sinir hasarı bulguları saptanan bölgelerden aksiyal düzlemde sinir çapı ve longitudinal düzlemde Jiaan Zhu sınıflamasına göre sinir hasarının derecesi belirlendi. Bunun dışında tüm hastalarda gluteal kıvrım ve politeal fossa ile gluteal kıvrım arası orta noktada siyatik sinir ölçümleri kaydedildi (Şekil 8).

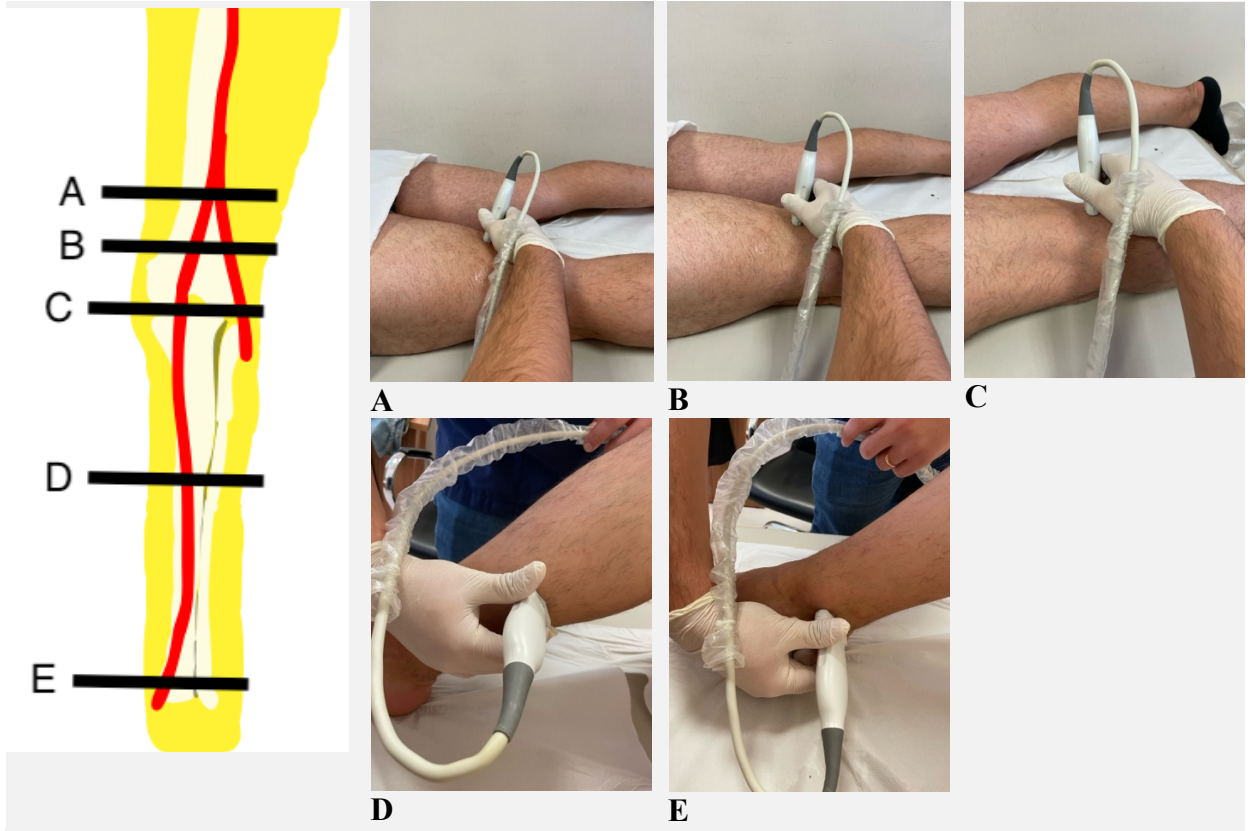


Şekil 8: Siyatik sinirin ultrasonografik görüntüleme metodu

A: Gluteal kıvrım düzeyinde, **B:** Gluteal kıvrım ile popliteal fossa arasındaki orta nokta

Tibiyal sinir

Siyatik sinir distale doğru takip edildiğinde popliteal fossanın hemen proksimalinde tibiyal ve peroneal sinirlerin ayrılma seviyesinden itibaren tibiyal sinir aksiyal düzlemde distale doğru takip edildi. Hasta pron pozisyonundayken ilk olarak tibiyal sinirin siyatik sinirden ayrılma seviyesinde, popliteal fossanın proksimalinde ve popliteal fossada ölçümler yapıldı. Daha sonra hasta supin pozisyonuna çevrildi ve kalça ile dize 30 derecelik fleksiyon açısı verildi. Bu pozisyonda kruris orta noktasında ve medial malleol seviyesinde tibiyal sinire yönelik ölçümler yapıp kaydedildi (Şekil 9). Kruris orta noktası mezura kullanılarak belirlendi. Bu seviyeler dışında sinir hasarı bulgusu saptandığında ise o seviye ayrıca not edildi. Sinir hasarı bulguları olan bölgelerde longitudinal görüntüler elde edildi ve hasarın derecesi Jiaan Zhu sınıflamasına göre belirlendi.

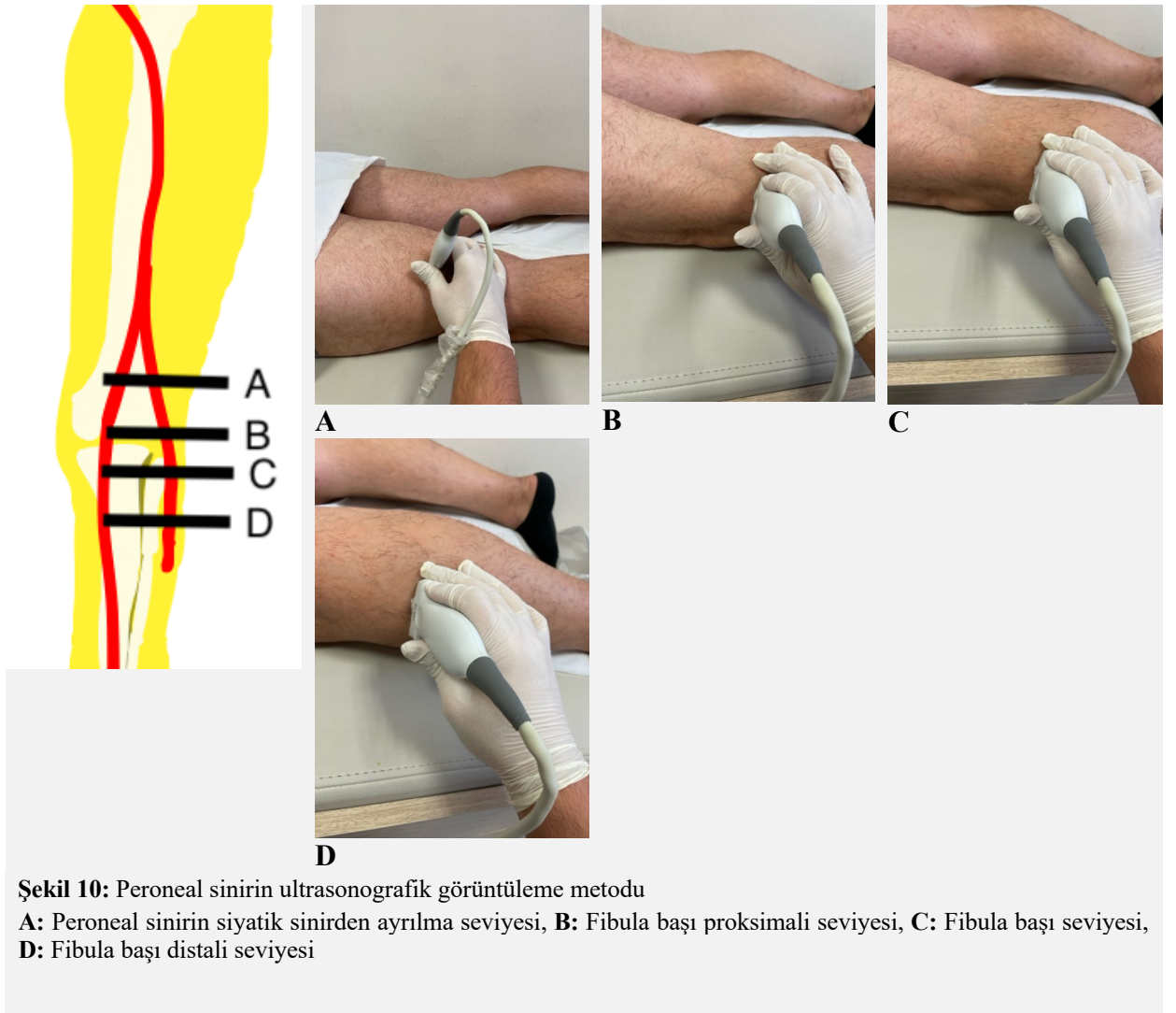


Şekil 9: Tibiyal sinirin ultrasonografik görüntüleme metodu

A: Tibiyal sinirin siyatik sinirden ayrılma seviyesi, **B:** Popliteal fossanın proksimali, **C:** Popliteal fossa düzeyi, **D:** Kruris orta noktası, **E:** Medial malleol arkası

Peroneal sinir

Peroneal sinir tüm seviyelerde pron pozisyonunda incelendi. Siyatik sinirin distalinde peroneal sinirin siyatik sinirden ayrıldığı seviyede ilk ölçüm yapıldı. Sonrasında sırasıyla fibula başı proksimali, fibula başı seviyesi, fibula başı distalinde ölçümler yapıldı (Şekil 10). Bu seviyeler dışında hasar bulgusu saptanırsa ayrı olarak not edildi. Hasar bulgusu olan bölgelerden longitudinal görüntüler alındı. Hasarın derecesi Jiaan Zhu sınıflamasına göre belirlendi.



BULGULAR

Çalışmaya 12-63 yaş aralığında, 8 erkek, 7 kadın toplam 15 hasta ($29,07 \pm 15,29$) dahil edilmiştir. Hastaların vücut kitle indeksi $23,9 \pm 4,21$ olarak hesaplanmıştır. Yedi hasta Hatay, 5 hasta Kahramanmaraş, 2 hasta Adıyaman, 1 hasta Malatya ilinden kliniğimize sevk edilmiştir. Hastalara ait demografik veriler Tablo 8’de özetlenmiştir.

Hasta No	Yaş (Yıl)	Cinsiyet	VKİ (kg/m ²)	Ek Hastalık Varlığı	Yaralanmanın Olduğu İl	Enkaz Süresi (Saat)
1	43	K	28.30	Yok	Hatay	32
2	63	E	29.73	Tip 2 Diyabet	Adıyaman	5
3	45	K	25.00	Yok	Hatay	2
4	32	E	23.10	Aritmi	Kahramanmaraş	19
5	13	E	25.70	Yok	Kahramanmaraş	38
6	15	K	22.30	Astım	Adıyaman	8
7	20	K	21.60	Yok	Hatay	34
8	21	E	26.00	Yok	Kahramanmaraş	4
9	28	K	22.00	Yok	Hatay	72
10	41	K	25.20	Yok	Kahramanmaraş	240
11	21	K	22.10	Yok	Hatay	6
12	12	E	26.20	Yok	Hatay	24
13	46	E	27.50	Yok	Kahramanmaraş	2
14	14	E	11.70	Yok	Malatya	8
15	22	E	22.20	Tip 2 Diyabet	Hatay	4

Tablo 8: Demografik veriler

Yaralanma mekanizmasının 14 hastada (%93,3) enkaz altında kalma iken 1 hastada (%6,7) düşme sonucu olduğu görülmüştür. Enkaz altında kalma süresi 2-240 saat arasında değişmekte olup ortalama $33,2 \pm 60,3$ saattir. 5/15 (%33) hastada yaralanma sonrası Crush Sendromu gelişmiş ve hastalar Crush Sendromu ile ilgili tedavi altına alınmıştır. Hastaların 2/15’inde ekstremitte kırığı olup (%13,3) 4 hastada kompartman sendromu (%26,7) saptanmıştır. Hastaların tamamında yumuşak doku travması söz konusu olup 9 hastada (%60) açık yara mevcuttur.

Yaralanma sonrası ilk muayenede var olan bulgular Tablo 9’da özetlenmiştir.

	Var	Yok
Yumuşak Doku Travması	15/15 (%100)	0/15 (%0)
Crush Sendromu	5/15 (%33)	10/15 (%67)
Ekstremitte Kırığı	2/15 (%13,3)	13/15 (%86,7)
Kompartman Sendromu	4/15 (%26,7)	11/15 (%73,3)
Açık yara	9/15 (%60)	6/15 (%40)

Tablo 9: İlk muayenede hastalarda saptanan bazı bulgular

Kompartman sendromu olan hastalara Ortopedi ve Travmatoloji ile Plastik ve Rekonstrüktif Cerrahi klinikleri tarafından mükerrer fasyotomi uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında 3 hastaya fasyotomi dışında ek cerrahi işlemler uygulanmıştır. Birinci hastada sağ bacak medialindeki açık yaraya fleb çevirme operasyonu yapılmış, ikinci hastada sağ L5 diskektomi uygulanmış, üçüncü hastaya sol peroneal sinir grefti konulmuştur.

Hastaların FTR hekimi tarafından ilk muayenelerinin yapılma tarihi 11 hastada ilk hafta içerisinde iken bir hastada 1 ay sonra, bir hastada 2 ay sonra, bir hastada 3 ay sonra ve bir hastada 4 ay sonradır. İlk muayenede standardize değerlendirme yöntemi ile tüm hastalarda periferik sinir yaralanması düşündürecek bulgular saptanması nedeniyle hastalar periferik sinir yaralanmasının tanısı için ENMG laboratuvarına yönlendirilmiştir. ENMG ve ultrason öncesi ilk muayenede ÇES şüphesi olan hastalar 2, 7 ve 9. hastalardır. Hastalara ENMG tetkiki aynı deneyimli hekim tarafından yapılmıştır. Klinik ön tanı dağılımı ve ENMG tanıları Tablo 10'da gösterilmiştir. 12/15 (%80) hastada klinik ön tanı ile ENMG tanısı arasında uyum olduğu görülmektedir. 2,7 ve 9. hastalarda ÇES klinik şüphesi ENMG ile doğrulanamamıştır.

Hasta No	Klinik Ön Tanı	ENMG Tanısı	Klinik Ön Tanı ile ENMG Tanısı Uyumu
1	Her iki siyatik sinir hasarı	Her iki siyatik sinirde denervasyon bulgularının devam ettiği, rejenerasyon bulgularının izlendiği aksonal hasar	Var
2	Sağ L5 radikülopati, peroneal sinir hasarı	Sağ L5 kökünde kronik nörojenik tutulum	Var
3	Sol peroneal sinir hasarı	Sol peroneal sinirin diz seviyesinde total aksonal hasarı	Var
4	Sağ brakial panpleksopati	Sağ brakial pleksus üst trunkusunun ağır, orta ve alt trunkuslarının parsiyel aksonal hasarı	Var
5	Sağ siyatik sinir hasarı	Sağ tibiyal ve peroneal sinirlerin reinnervasyon gösteren ağır aksonal hasarı	Yok
6	Her iki brakial pleksus hasarı	Sağ brakial pleksus alt trunkusunun rejenerasyon gösteren aksonal hasarı ve sol brakial pleksus alt trunkusunun ağır aksonal hasarı	Var
7	Her iki lumbosakral pleksus veya siyatik sinir hasarı	Sağ lumbosakral pleksusun akut dönemde parsiyel aksonal hasarı ve sol siyatik sinirin totale yakın aksonal hasarı	Var
8	Sağ brakial pleksus hasarı	Sağ brakial pleksus orta ve alt trunkusun akut aksonal hasarı	Var
9	Sağ brakial pleksus ve periferik sinir hasarı	Sağ brakial pleksus tüm trunkuslarının etkilendiği aksonal hasar	Var
10	Sağ brakial pleksus hasarı	Sağ C5 ve C6 köklerinde subtotal aksonal hasar	Yok
11	Sağ brakial pleksus hasarı	Sağ brakial pleksusun alt trunkusu ve C7 kökünün parsiyel aksonal hasarı	Var
12	Sol siyatik sinir hasarı	Sol siyatik sinirin akut dönemde totale yakın aksonal hasarı	Var
13	Sağ brakial pleksus hasarı	Sağ brakial pleksus alt trunkusunun parsiyel aksonal hasarı	Var
14	Bilateral siyatik sinir hasarı	İğne EMG yapılamadı	Yok
15	Bilateral siyatik sinir hasarı	Bilateral siyatik sinirin subakut dönemde totale yakın aksonal hasarı	Var

Tablo 10: Hastaların klinik ön tanıları ve ENMG tanıları

ENMG uygulanırken elektromiyografı hastalarda optimal ENMG yapıma durumunu değerlendirmesi istenmiştir. 10/15 hastada ENMG tetkikini zorlaştıran çeşitli etmenler mevcuttur. 7/15 hastada optimal ENMG tetkiki yapılamadığı bildirilmiştir. 13/15 hastada ENMG işlemleri temas izolasyonu şartları altında uygulanmıştır. Bu hasta grubunda ENMG yapılmasını güçleştiren etkenler Tablo 11’de açıklanmıştır.

Hasta No	ENMG Tanısı	ENMG Yapım Zorluğu	Optimal ENMG	ENMG Zorluğu Nedeni
1	Her iki siyatik sinirde denervasyon bulgularının devam ettiği, rejenerasyon bulgularının izlendiği aksonal hasar	Var	Yok	Ağrı, açık yara, pozisyon verme zorluğu
2	Sağ L5 kökünde kronik nörojeneik tutulum	Yok	Var	Yok
3	Sol peroneal sinirin diz seviyesinde total aksonal hasarı	Yok	Var	Yok
4	Sağ brakiyal pleksus üst trunkusunun ağır, orta ve alt trunkuslarının parsiyel aksonal hasarı	Var	Var	Ağrı, açık yara, enfekte yara varlığı
5	Sağ tibiyal ve peroneal sinirlerin reinnervasyon gösteren ağır aksonal hasarı	Var	Yok	Ağrı, açık yara
6	Sağ brakiyal pleksus alt trunkusunun rejenerasyon gösteren aksonal hasarı ve sol brakiyal pleksus alt trunkusunun ağır aksonal hasarı	Yok	Var	Yok
7	Sağ lumbosakral pleksusun akut dönemde parsiyel aksonal hasarı ve sol siyatik sinirin totale yakın aksonal hasarı	Var	Var	Ağrı, emosyonel instabilite
8	Sağ brakiyal pleksus orta ve alt trunkusun akut aksonal hasarı	Yok	Var	Yok
9	Sağ brakiyal pleksus tüm pleksuslarının etkilendiği aksonal hasar	Var	Yok	Ağrı, emosyonel instabilite, açık yara
10	Sağ C5 ve C6 köklerinde subtotal aksonal hasar	Var	Yok	Ağrı
11	Sağ brakiyal pleksusun alt trunkusu ve C7 kökünün parsiyel aksonal hasarı	Var	Var	Ağrı
12	Sol siyatik sinirin akut dönemde totale yakın aksonal hasarı	Var	Yok	Ağrı, enfekte yara varlığı
13	Sağ brakiyal pleksus alt trunkusunun parsiyel aksonal hasarı	Yok	Var	Yok
14	İğne EMG yapılamadı	Var	Yok	Ağrı, emosyonel instabilite, açık yara
15	Bilateral siyatik sinirin subakut dönemde totale yakın aksonal hasarı	Var	Yok	Ağrı, pozisyon verme zorluğu

Tablo 11: ENMG tetkikini zorlaştıran etmenler

Hastalara ENMG ardından ultrasonografik değerlendirmeleri deneyimli bir hekim tarafından standardize edilmiş yöntemlerle uygulanmıştır. 11/15 hastada USG yapılırken çeşitli zorluklar yaşanmıştır. Ultrasonografi yapılma zamanı ve USG sırasında hastalarda karşılaşılan zorluklar Tablo 12’de gösterilmiştir.

Hasta No	USG Yapma Zorluğu	USG Zorluk Nedeni	USG Yapılma Zamanı
1	Var	Açık yara, pozisyon verme zorluğu	6. ay
2	Yok	Yok	3. ay
3	Var	Pozisyon verme zorluğu	6. ay
4	Var	Açık yara, enfekte yara varlığı	6. ay
5	Var	Açık yara	6. ay
6	Var	Pozisyon verme zorluğu	1.ay
7	Yok	Yok	7. ay
8	Var	Açık yara ve pozisyon verme zorluğu	1.ay
9	Yok	Yok	3. ay
10	Var	Açık yara	1.ay
11	Var	Pozisyon verme zorluğu	1.ay
12	Var	Enfekte yara varlığı	5. ay
13	Yok	Yok	3. ay
14	Var	Pozisyon verme zorluğu	3. ay
15	Var	Pozisyon verme zorluğu	5. ay

Tablo 12: USG tetkikini zorlaştıran etmenler

Ultrasonografik değerlendirme sonrası 10/15 hastada sinir veya sinirlerde yapısal bozukluk varlığı saptanırken sağlam taraf ile kıyaslandığında 10/15 hastada periferik sinir çaplarında artış olduğu gösterilmiştir. Periferik sinir yaralanması saptanan 1/10 hastada Jiaan Zhu sınıflamasına göre tip 7, 3/10 hastada tip 5, 3/10 hastada tip 2, 2/10 hastada tip 3, 1/10 hastada ise tip 4 olarak saptanmıştır. Bulgular Tablo 13'te özetlenmiştir.

Hasta No	USG'de Çap Farklılığı	USG'de Yapısal Bozukluk	Jiaan Zhu Sınılaması
1	Var	Var	Tip 7
2	Var	Var	Tip 2
3	Var	Var	Tip 5
4	Yok	Yok	Yok
5	Var	Var	Tip 2
6	Var	Var	Tip 3
7	Var	Var	Tip 5
8	Var	Var	Tip 2
9	Var	Var	Tip 5
10	Yok	Yok	Yok
11	Yok	Yok	Yok
12	Var	Var	Tip 3
13	Yok	Yok	Yok
14	Var	Var	Tip 4
15	Yok	Yok	Yok

Tablo 13: USG'de saptanan bulgular ve sinir hasarı sınıflamaları

Klinik şüphe olarak ÇES olan hasta sayısı 3 hasta iken ENMG ile bu hastalarda ÇES varlığı doğrulanamamıştır. USG ardından ÇES şüphesi olan üç hasta da (2,7 ve 9. hastalar) dahil olmak üzere 8/15 hastada (1, 2, 6, 7, 8, 9, 12 ve 14. hastalar) ÇES var olduğu gösterilmiştir. ÇES varlığı ve lokalizasyonları Tablo 14’te gösterilmiştir.

Hasta No	ENMG Tanısı	USG Ardından ÇES Tanısı	Lokalizasyon
1	Her iki siyatik sinirde denervasyon bulgularının devam ettiği, rejenerasyon bulgularının izlendiği aksonal hasar	Var	Sol peroneal sinirin fibula başının 6 cm distalinde ve sol tibiya sinirinin popliteal fossanın 4 cm distalinde hasarı
2	Sağ L5 kökünde kronik nörojenik tutulum	Var	Sağ peroneal sinirin fibula başı proksimalinde hasarı
3	Sol peroneal sinirin diz seviyesinde total aksonal hasarı	Yok	Yok
4	Sağ brakiyal pleksus üst trunkusunun ağır, orta ve alt trunkuslarının parsiyel aksonal hasarı	Yok	Yok
5	Sağ tibiya ve peroneal sinirlerin reinnervasyon gösteren ağır aksonal hasarı	Yok	Yok
6	Sağ brakiyal pleksus alt trunkusunun rejenerasyon gösteren aksonal hasarı ve sol brakiyal pleksus alt trunkusunun ağır aksonal hasarı	Var	Sol median sinirin dirsek eklemi ile pronator kası arasında ve sol posterior interosseöz sinirin supinator kası seviyesinde hasarı
7	Sağ lumbosakral pleksusun akut dönemde parsiyel aksonal hasarı ve sol siyatik sinirin totale yakın aksonal hasarı	Var	Sol peroneal sinirin fibula başı distalinde hasarı ve sol tibiya sinirinin popliteal fossada hasarı
8	Sağ brakiyal pleksus orta ve alt trunkusunun akut aksonal hasarı	Var	Sağ median sinirin el bilek seviyesinde ve sağ radyal sinirin spiral oluk seviyesinde hasarı
9	Sağ brakiyal pleksus tüm trunkuslarının etkilendiği aksonal hasar	Var	Sağ posterior interosseöz sinirin supinator kası distalinde hasarı
10	Sağ C5 ve C6 köklerinde subtotal aksonal hasar	Yok	Yok
11	Sağ brakiyal pleksusun alt trunkusu ve C7 kökünün parsiyel aksonal hasarı	Yok	Yok
12	Sol siyatik sinirin akut dönemde totale yakın aksonal hasarı	Var	Sol peroneal sinirin fibula başı proksimali, Sol tibiya sinirinin popliteal fossada hasarı
13	Sağ brakiyal pleksus alt trunkusunun parsiyel aksonal hasarı	Yok	Yok
14	İğne EMG yapılamadı	Var	Sağ siyatik sinirin tibiofemoral eklem aralığının 8 cm proksimalinde hasarı ve sağ tibiya sinirinin kruris orta noktasında hasarı
15	Bilateral siyatik sinirin subakut dönemde totale yakın aksonal hasarı	Yok	Yok

Tablo 14: ÇES varlığı ve lokalizasyonları

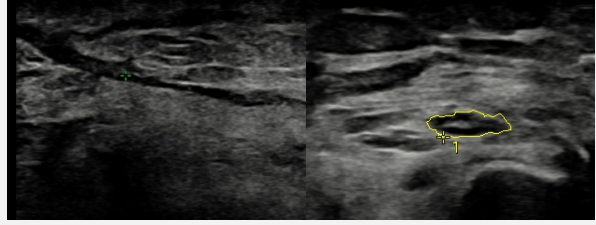
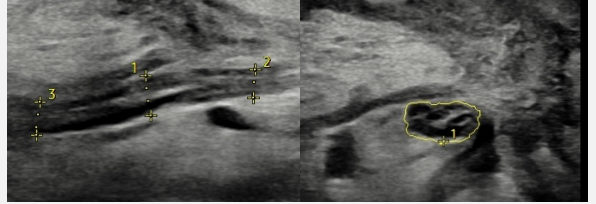
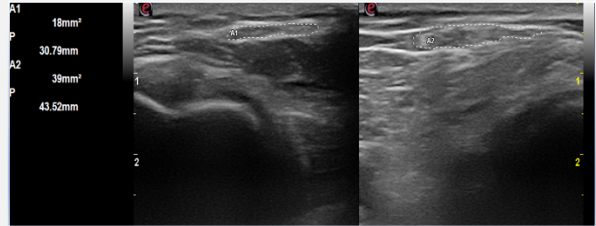
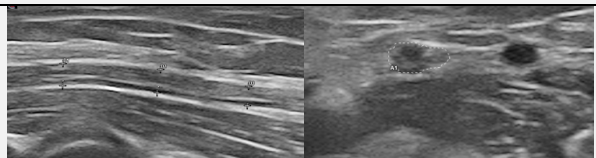
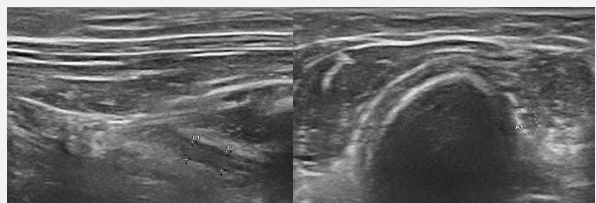
Ultrasonografik ölçümlere göre incelenen sinirlerin minimum, maksimum ve ortalama kesitsel alan değerleri Tablo 15'te gösterilmiştir.

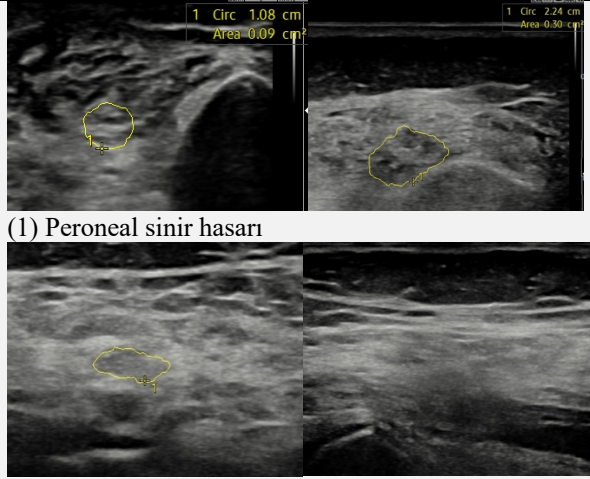
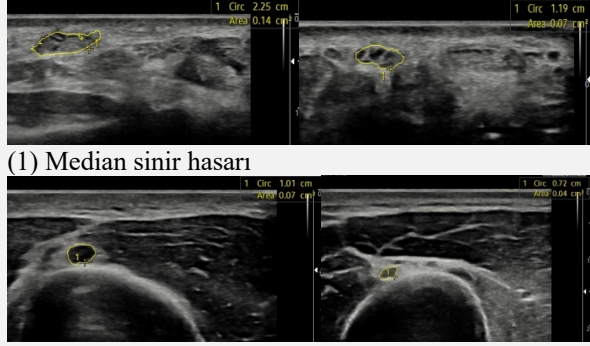
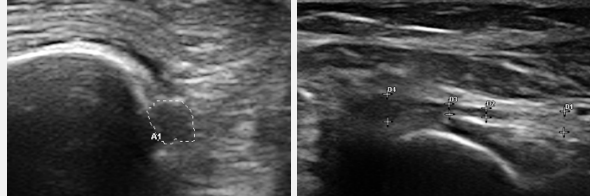
Sinir	Taraf	Lokalizasyon	N	Min. (mm ²)	Maks. (mm ²)	Ortalama	Std. Sapma
Siyatik	R	Gluteal Kıvrım	8	21,00	85,00	51,7500	24,66779
		Femur Ortası	8	22,00	94,00	46,3750	29,65004
	L	Gluteal Kıvrım	8	24,00	92,00	43,7500	21,63166
		Femur Ortası	8	30,00	108,00	50,5000	25,81251
Peroneal	R	Siyatikten Ayrılma	8	3,00	27,00	10,5000	7,42582
		Fibula Başı Proksimali	8	5,00	39,00	17,0000	13,40576
		Fibula Başı Seviyesi	8	7,00	52,00	21,7500	16,48159
		Fibula Başı Distali	8	8,00	17,00	11,7500	3,57571
	L	Siyatikten Ayrılma	8	5,00	22,00	10,0000	7,42582
		Fibula Başı Proksimali	8	6,00	34,00	15,1250	8,85498
		Fibula Başı Seviyesi	8	7,00	46,00	21,0000	12,87301
		Fibula Başı Distali	8	5,00	30,00	14,6250	7,04957
Tibiyal	R	Siyatikten Ayrılma	8	12,00	41,00	23,6250	9,31876
		Popliteal Fossa Proksimali	8	7,00	41,00	25,0000	11,55113
		Popliteal Fossa	8	7,00	46,00	25,7500	13,62508
		Kruris Orta Noktası	8	10,00	35,00	18,2500	8,84388
		Medial Malleol Posterioru	8	7,00	25,00	12,8750	6,08129
	L	Siyatikten Ayrılma	8	16,00	42,00	24,8750	9,26495
		Popliteal Fossa Proksimali	8	13,00	45,00	26,5000	12,53566
		Popliteal Fossa	8	14,00	71,00	29,5000	19,74118
		Kruris Orta Noktası	8	10,00	33,00	17,2500	8,27647
		Medial Malleol Posterioru	8	6,00	20,00	13,8750	5,64263
Median	R	El Bilek Düzeyi	7	5,00	13,00	8,8571	3,13202
		FDP-FDS Arası Düzeyi	7	5,00	13,00	7,2857	2,62769
		Pronator Kası Düzeyi	7	5,00	11,00	7,1429	2,19306
		Dirsekte Brakiyal Arter Komşuluğu Düzeyi	7	5,00	15,00	9,7143	3,59232
		Humerus Ortası	7	5,00	17,00	10,7143	4,11154
		Aksilla	7	5,00	19,00	11,1429	4,45079
	L	El Bilek Düzeyi	7	7,00	14,00	9,1429	2,41030
		FDP-FDS Arası Düzeyi	7	4,00	9,00	7,0000	1,63299
		Pronator Kası Düzeyi	7	4,00	9,00	6,5714	1,71825
		Dirsekte Brakiyal Arter Komşuluğu Düzeyi	7	5,00	14,00	9,0000	3,05505
		Humerus Ortası	7	6,00	12,00	9,1429	2,03540
		Aksilla	7	6,00	12,00	9,4286	1,90238


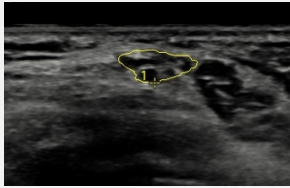
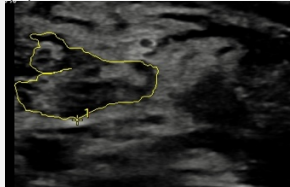
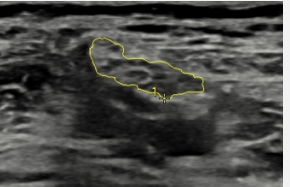



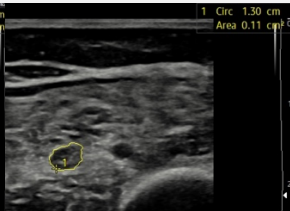
Ulnar	R	Pisiform Kemik Düzeyi	7	4,00	8,00	5,8571	1,46385
		Ulnar Arterden Ayrılma Düzeyi	7	4,00	11,00	6,7143	2,42997
		Kübital Tünel	7	4,00	10,00	7,1429	2,19306
		Humerus Ortası	7	4,00	9,00	6,1429	1,77281
		Aksilla	7	5,00	17,00	8,7143	3,98808
	L	Pisiform Kemik Düzeyi	7	4,00	8,00	6,2857	1,38013
		Ulnar Arterden Ayrılma Düzeyi	7	4,00	9,00	6,4286	1,98806
		Kübital Tünel	7	5,00	14,00	8,0000	3,00000
		Humerus Ortası	7	4,00	17,00	9,2857	4,38613
		Aksilla	7	4,00	13,00	7,4286	2,99205
Radyal	R	Supinator Kası İçi	7	2,00	6,00	4,0000	1,73205
		Supinator Kası Proksimali	7	1,00	7,00	3,7143	2,28869
		Humeroradyal Eklem Düzeyi	7	2,00	19,00	9,2857	5,31395
		Spiral Oluk Distali	7	4,00	12,00	7,7143	2,42997
		Spiral Oluk Düzeyi	7	5,00	17,00	8,0000	4,12311
		Aksilla	7	7,00	15,00	11,8571	3,23669
		Supinator Kası İçi	7	1,00	7,00	3,7143	2,28869
	L	Supinator Kası Proksimali	7	2,00	5,00	2,8571	1,06904
		Humeroradyal Eklem Düzeyi	7	3,00	14,00	9,4286	3,69040
		Spiral Oluk Distali	7	4,00	11,00	7,1429	2,91139
		Spiral Oluk Düzeyi	7	4,00	17,00	7,8571	4,52506
		Aksilla	7	5,00	27,00	11,2857	7,43223

Tablo 15: Sonografik ölçümlerin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Ultrasonografik tanılar, ultrasonografik anormallikler ve görüntüler Tablo 16’da gösterilmiştir.

Hasta No	Ultrasonografik Tanı	ÇES Düşündüren Sonografik Bulgular	Ultrasonografik Görüntü
1	Sol peroneal sinirin fibula başının 6 cm distalinde ve sol tibiyal sinirin popliteal fossanın 4 cm distalinde hasarı	Sol peroneal sinirin fibula başı 6 cm distalinde rüptür ve sinir yerinde skar dokusu görülmesi (1); Sol tibiyal sinirin popliteal fossanın 4 cm distalinde sağlam ekstremiteler ile karşılaştırıldığında kesitsel alan farkı olmamasına karşın sinir liflerinde ödem (2)	 (1) Peroneal sinir hasarı  (2) Tibiyal sinir hasarı
2	Sağ peroneal sinirin fibula başı proksimalinde hasarı	Sağ peroneal sinir fibula proksimali seviyesinde KAÖ=39 mm ² , Sol peroneal sinir fibula proksimali seviyesinde KAÖ=18 mm ²	 Fibula başı proksimalinde peroneal sinir hasarı
3	Sol peroneal sinirin fibula başı seviyesinde hasarı	Yok	Yok
4	Yok	Yok	Yok
5	Sağ peroneal sinirin fibula başı proksimal seviyesinde hasarı	Yok	Yok
6	Sol median sinirin dirsek eklemi ile pronator kası arasında ve sol posterior interosseöz sinirin supinator kası seviyesinde hasarı	Sol median sinir humeroradyal eklem ile pronator kası arasındaki segmentte KAÖ=13mm ² , Sağ median sinir humeroradyal eklem ile pronator kası arasındaki segmentte KAÖ=7mm ² (1). Sol PIN Supinator kası seviyesinde KAÖ=7mm ² , Sağ PIN Supinator kası seviyesinde KAÖ=3mm ² (2)	 (1) Median sinir hasarı  (2) PIN hasarı

7	Sol peroneal sinirin fibula başı distalinde hasarı ve sol tibiyal sinirin popliteal fossada hasarı	Sol peroneal sinirin fibula başı distalinde KAÖ=30mm ² , Sağ peroneal sinirin fibula başı distalinde KAÖ=10mm ² (1) Sol tibiyal sinirin popliteal fossa distalinde karşı ekstremiteye göre anlamlı çap farkı olmamasına karşın longitudinal düzlemde epinöryum devamlılığının izlenmemesi (2)	 <p>(1) Peroneal sinir hasarı</p> <p>(2) Tibiyal sinir hasarı</p>
8	Sağ median sinirin el bilek seviyesinde ve sağ radyal sinirin spiral oluk seviyesinde hasarı	Sağ median sinirin el bilek seviyesinde KAÖ=14 mm ² , Sol median sinirin el bilek seviyesinde KAÖ=7mm ² (1) Sağ radyal sinirin spiral oluk seviyesinde KAÖ=7 mm ² , Sol radyal sinirin spiral oluk seviyesinde KAÖ=4 mm ² (2)	 <p>(1) Median sinir hasarı</p> <p>(2) Radyal sinir hasarı</p>
9	Sağ posterior interosseöz sinirin supinator kası distalinde ve sağ ulnar sinirin humerus ortası seviyesinde hasarı	Sağ PIN'de supinator kası distalinde hipoekojenite, çap artışı ve epinöryum devamlılığının izlenmemesi	 <p>PIN hasarı</p>
10	Yok	Yok	Yok
11	Yok	Yok	Yok

12	Sol peroneal sinirin fibula başı proksimalinde, Sol tibiyal sinirin popliteal fossada hasarı	Sol peroneal sinir fibula başı proksimalinde KAÖ=34mm ² , Sağ peroneal sinir fibula başı proksimalinde KAÖ=13mm ² (1) Sol tibiyal sinir popliteal fossada KAÖ=71 mm ² , Sağ tibiyal sinir popliteal fossada KAÖ=24 mm ² (2)	 (1) Peroneal sinir hasarı   (2) Tibiyal sinir hasarı 
13	Yok	Yok	Yok
14	Sağ siyatik sinirin tibiofemoral eklem aralığının 8 cm proksimalinde hasarı ve sağ tibiyal sinirin kruris orta noktasında hasarı	Sağ siyatik sinirin tibiofemoral eklem aralığının 8 cm proksimalinde karşı ekstremitayla belirgin çap farkı olmamasına karşın sinirin hipoekojen görülmesi (1) Sağ tibiyal sinirin kruris orta noktasında KAÖ=18mm ² , Sol tibiyal sinirin kruris orta noktasında KAÖ=11 mm ² (2)	 (1) Siyatik sinir hasarı   (2) Tibiyal sinir hasarı 
15	Yok	Yok	Yok

Tablo 16: Sonografik anormallikler ve görüntüleri
KAÖ: Kesitsel alan ölçümü

Çalışmamızda toplamda 15 hastada 90 periferik sinir incelenmiştir. Ayrıca ENMG ile üst ve alt ekstremitelerde pleksuslar ve spinal sinir kökleri de değerlendirilmiştir. USG ile pleksus ve kök değerlendirmesi yapılamamıştır. Bu kapsamda ENMG ile toplamda 9 periferik sinirde, 4 sinir kökünde, 8 pleksusta sinir hasarı bulgusu saptanmıştır. USG ile de toplamda 17 farklı periferik sinirde sinir hasarı bulgusu saptanmıştır. Bu 17 periferik sinir içinde ENMG ile sinir hasarı tespit edilemeyen sinir sayısı 14 olarak görülmüştür. ENMG'nin tespit edemediği 14 periferik sinir hasarı incelendiğinde 2'sinde açık yaralar ve ağrı nedeniyle iğne EMG yapılamadığı, 12'ünde ise sinirin proksimal segmentinde yani pleksus veya köklerde farklı bir sinir hasarının bulunduğu görülmüştür. Bu sinirlerde sinir segmentinin proksimalindeki hasar sinirin distalindeki yaralanmanın ENMG bulgularını gölgelemiştir.

Hasta bazında değerlendirildiğinde 15 hastanın tamamında ENMG ile en az bir sinir hasarı tespit edilmiştir. Ultrasonografik inceleme ile 2 hastanın (3 ve 5 numaralı hastalar) ENMG tanısını doğrulanmıştır. 8 hastada (1, 2, 6, 7, 8, 9, 12 ve 14 numaralı hastalar) ENMG’de tespit edilemeyen bazı periferik sinir hasarları ultrasonografik değerlendirme ile gösterilmiştir ve bu hastalar sonografik inceleme sonrasında ÇES tanısı almıştır.

Hastaların 5 tanesinde (4, 10, 11, 13 ve 15 numaralı hastalar) ENMG ile bazı sinir hasarları tespit edilmişken ultrasonografi ile sinir hasarı bulgusu tespit edilememiştir. Bu 5 hastadan bir tanesi dışında (15 numaralı hasta) diğer hastaların elektrofizyolojik incelemelerinde pleksus veya kök hasarı saptanmış olup periferik sinir hasarı saptanmamıştır. Elektrofizyolojik incelemeler sonucu periferik sinir hasarı saptanan yalnızca 15 numaralı hastadır. Yani yalnızca bir hastada elektrofizyolojik olarak tespit edilen bir periferik sinir hasarı USG ile gösterilememiştir.

Vücut kitle indeksi, enkaz altında kalınan süre, yaş, cinsiyet, Crush sendromu varlığı, kompartman sendromu varlığı, ekstremitte kırığı varlığı, açık yara varlığı ve fasyotomi öyküsü varlığı ile ÇES gelişmesi arasında bir ilişki var olup olmadığı değerlendirilmiştir. Vücut kitle indeksi, enkaz altında kalınan süre ve yaş için Mann Whitney-U testi; cinsiyet, Crush sendromu varlığı, kompartman sendromu varlığı, ekstremitte kırığı varlığı, açık yara varlığı ve fasyotomi öyküsü varlığı için ki kare testi uygulanmıştır. Tüm bileşenler ile ÇES gelişmesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmamıştır. Tüm kategoriler için p değerleri Tablo 17’de gösterilmiştir.

Vücut Kitle İndeksi	p= 1,0
Yaş	p=0,325
Crush Sendromu	p=0,36
Ekstremitte Kırığı	p=0,38
Fasyotomi	p=0,36
Açık Yara	p=0,45
Kompartman Sendromu	p=0,10
Cinsiyet	p=1,0
Enkaz Süresi	p=0,451

Tablo 17 Ek tıbbi durumların ÇES gelişimine etkisine ilişkin p değerleri

TARTIŞMA

Ultrasonografi, özellikle yüksek çözünürlüklü problemlerin yaygınlaşmasıyla kas iskelet sistemine ait patolojilerin değerlendirilmesinde, hastalıkların ayırıcı tanısında ve tedavi takibinde oldukça önemli bir yere konumlanmıştır. Ultrasonografinin günlük pratikte kullanımının ve öneminin artması kaçınılmaz bir gerçektir. Bunun yanında sonuçlarının kişiye bağlı olması ve ileri düzeyde bir deneyim gerektirmesi ultrasonografinin kısıtlılıkları arasında sayılabilir. Kas iskelet sistemi ultrasonografisinde periferik sinir hastalıklarının değerlendirilmesi ise ayrı bir ilgi ve deneyim gerektirmektedir. USG'nin periferik sinir hastalıklarının değerlendirilmesinde en yaygın kullanıldığı alan periferik sinir kompresyon nöropatileridir.

Fowler ve arkadaşlarının 2011 yılında yayımladıkları bir meta analizde USG'nin karpal tünel sendromu (KTS) tanısında duyarlılık ve özgüllüğünün belirlenmesi amaçlanmıştır. İncelenen çalışmalarda KTS tanısında klinik veya elektrodyagnostik testler referans alınmıştır. Tüm çalışmalara bakıldığında KTS tanısında USG'nin duyarlılığı %77,6 iken özgüllüğü %86,8 olarak bulunmuştur. Elektrodyagnostik testler referans alındığında USG'nin duyarlılığı %80,2 iken özgüllüğü %78,7 olarak bulunmuştur. Klinik tanı referans alındığında USG'nin duyarlılığı %77,3 iken özgüllüğü %92,8 olarak tespit edilmiştir [31]. Mevcut bulgularla bu meta analizde USG'nin KTS tanısında doğrulayıcı test olarak kullanılabileceği belirtilmiştir. Bunun yanında USG'nin özgüllük ve duyarlılık değerlerinin geniş aralıklarda olması nedeniyle elektrodyagnostik testlerin yerine geçebilmesi için ek araştırmalar gerektiği vurgulanmıştır.

Zaki ve arkadaşlarının 2022 yılında yayımladıkları sistematik derleme ve meta analize göre ise USG'nin KTS tanısında sinir iletim çalışmaları (SİÇ) ve EMG ile karşılaştırmalı olarak tanısal doğruluğu incelenmiştir. Çalışmada USG'nin KTS tanısında duyarlılığı %80, özgüllüğü %90 olarak hesaplanmıştır. SİÇ ve EMG kombinasyonunun duyarlılığı %89, özgüllüğü %77 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak USG'nin KTS tanısında SİÇ ve EMG'ye alternatif olabileceği ancak daha karmaşık vakalar için SİÇ ve EMG'nin üstünlüğü vurgulanmıştır [32].

Chang ve arkadaşlarının 2018 yılında yayımladıkları bir meta analizde ultrasonografik ölçümlerle elde edilen ulnar sinir kesit alanının kübital tünel sendromunda tanısal değeri incelenmiştir. Sağlıklı bireylerde ulnar sinirin kesit alanının genellikle 10 mm²'yi geçmediği

görülmüş ve 10 mm² üzerindeki kesitsel alan değerleri kübital tünel sendromu tanısı için eşik değer olarak önerilmiştir. Bunun yanında USG'nin kübital tünel sendromu tanısında faydalı bir araç olduğu belirtilmiştir [33].

Chen ve arkadaşlarının 2018 yılında yayımladıkları sistematik derleme ve meta analizde ise kübital tünel sendromu tanısında sinirin şişkinlik oranı, düzleşme oranı, sinir/tünel oranı, sinir ekojenitesi ve intranöral vaskülarite gibi sinirin kesitsel alanı haricindeki ultrasonografik ölçümlerin etkinliği değerlendirilmiştir. Sinir şişkinlik oranı ulnar sinirin kübital tüneldeki kesitsel alanı ile distaldeki kesitsel alanının oranlanmasıyla bulunmuştur ve kübital tünel sendromu olan hastalarda genellikle yüksek olduğu belirtilmiştir. Düzleşme oranı sinirin longitudinal düzlemdeki çapı ile aksiyal düzlemdeki çapının oranlanmasıyla bulunmuştur. Bu oranın kübital tünel sendromu tanısında kullanımının kısıtlı olacağı belirtilmiştir. Sinir tünel oranı ulnar sinir kesitsel alanının kübital tünel içindeki alanla oranlanmasıyla hesaplanmıştır. Bu oranda kontrol ve hasta grupları arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Sinir ekojenitesi görsel üçlü skala veya hipoekoik alan oranı gibi kantitatif ölçümlerle değerlendirilmiş ve bu ölçümün kübital tünel sendromu tanısında spesifikliğı artırdığı bildirilmiştir. İntranöral vaskülaritenin kübital tünel sendromu tanısında hassasiyeti %46,3, özgüllüğü ise %85,9 olarak bulunmuş ve sinir kesitsel alanıyla birlikte değerlendirildiğinde tanı doğruluğunun biraz artırılabilceğı belirtilmiştir [34].

Bayrak ve arkadaşlarının 2018 yılında yayımladığı bir çalışmada fibula başı seviyesinde peroneal sinir tuzak nöropatisi olan 12 hasta incelenmiştir. Peroneal sinirin fibula başının hemen proksimalinde kesitsel alan ölçümleri (KAÖ) yapılmış ve bu ölçümler sağlıklı 12 hastanın ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre 0,115 cm²'lik kesit alanının peroneal sinir tuzaklanması tanısında %80 duyarlılık ve %99 özgüllüğe sahip olduğu gösterilmiş ve USG'nin peroneal sinir tuzak nöropatisi tanısında güvenilir ve ENMG'ye ek olarak tamamlayıcı bir tetkik olduğu belirtilmiştir [35].

USG'nin periferik sinir hastalıklarında bir diğer kullanım alanı etiyolojinin belirlenmesidir. Bu alanda pek çok olgu sunumu mevcuttur. Giasna ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladığı bir olgu sunumunda 39 yaşında 30 haftalık gebe hasta tartışılmıştır. Hastanın median sinir tuzaklanma bulguları mevcuttur ve ultrasonografi ile el bilek seviyesinde median sinir komşuluğunda bir kitle tarafından bası altında olduğu gösterilmiştir [36]. Nörofibroma ve Schwannoma ön tanıları olan hastada ultrasonografinin gebelik gibi özellikli hastalarda hastalık tanısında önemi vurgulanmıştır. Bir başka örnekte Giray ve arkadaşlarının 2019

yayımladığı bir olgu sunumunda 43 yaşında kadın hasta tartışılmıştır. T10 seviyeli ASİA C spinal kord yaralanması sebebiyle paraplejik olan hasta her iki elde uyuşma şikâyeti ile hastaneye başvurmuş, elektrodyagnostik inceleme ile hasta KTS tanısı almıştır. Yapılan kas iskelet sistemi ultrasonografisinde KTS'ye sebep olan patolojinin sebebi olarak el bileğinde hipertrofiye neden olmuş fleksör digitorum süperfisiyalis kasının olduğu gösterilmiştir [37]. Ashwell ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladığı bir olgu sunumunda 29 yaşında bir erkek hasta tartışılmıştır. Bu hastada bilek güreşi sırasında humerus shaft kırığı gelişmiş ve plak vida ile fiksasyon uygulanmıştır. Kırık sonrasında nörovasküler muayenesinde bir patoloji olmayan hastanın cerrahi sonrasında ön kol distali ve dorsal yüzünde hipoestezi gelişmiştir. Humerus MR görüntülemesi cerrahi implantın oluşturduğu artefakt görünümü nedeniyle optimal değerlendirilememiştir. Yapılan ultrasonografik incelemede radyal sinire ait sinir hasarı bulguları gösterilmiştir. Sinir hasarı bulgularının proksimalinde ise fiksasyon sırasında kullanılan bir vidanın radyal sinire temas ettiği gösterilmiştir [38]. Bu çalışmada cerrahi implantlar nedeniyle MRG ve BT gibi kesitsel radyolojik değerlendirmelerde oluşacak artefaktların değerlendirmeyi kısıtladığı durumlarda sonografik incelemenin vaka bazında önemli olduğu vurgulanmıştır.

Dubey ve arkadaşlarının 2017 yılında yayımladığı bir olgu sunumunda 10 yaşında bir erkek hasta tartışılmıştır. Hastada 2 ay önce sağ dirseğin posteromediale dislokasyonu gelişmiş ve dirsek redükte edilmiştir. Hasta ağrı, dirsekte 30 derecelik ekstansiyon kısıtlılığı, ön kol fleksör kaslarda kas gücü kaybı ve ikinci parmak ucunda hipoestezi şikâyeti ile başvurmuştur. Direkt grafi ile değerlendirildiğinde patoloji saptanmamıştır. ENMG'de ise median sinirin dirsek seviyesinde aksonal hasarı saptanmıştır. Ultrasonografik inceleme ile median sinirin medial epikondil posteriorunda tuzaklandığı ve tuzaklanma şiddetinin dirsek ekstansiyonuyla arttığı gösterilmiştir. Sonrasında hastaya medial epikondil osteotomisi uygulanmıştır [39]. Bu olgu sunumunda diğer görüntüleme yöntemlerinin kısıtlı olduğu durumlarda ultrasonografinin öneminin yanında ultrasonografinin dinamik incelemede ne derece etkin olduğu vurgulanmaktadır.

Padua ve arkadaşlarının 2007 yılında yayımladıkları bir olgu sunumunda L5-S1 radikülopati ön tanısıyla ENMG laboratuvarına yönlendirilen iki olgu incelenmiştir. Birinci olguda ENMG bulguları normal sınırlarda olup sağ sural sinir duyuşal iletim çalışmalarında DSAP amplitüdü sola göre azalmış olarak saptanmıştır. Yapılan USG tetkiki sonrası sural sinirde hipoekoik, fuziform, düzgün sınırlı bir kitle saptanmıştır. İkinci olguda ise ENMG bulguları yine normal sınırlarda olup sol tibial sinir motor iletim çalışmalarında BKAP amplitüdü sağa göre azalmış

olarak tespit edilmiştir. Yapılan ultrasonografik incelemede sol siyatik sinirde düzgün sınırlı, hipoekoik, fuziform görünümlü bir kitle saptanmıştır. Her iki olguda cerrahi eksizyon yapılmış ve histopatolojik inceleme sonrası bu lezyonların schwannom olduğu tespit edilmiştir [40]. Bu olgu sunumunda yazarlar elektrofizyolojik ve sonografik değerlendirmenin birlikte kullanımının önemini vurgulamıştır.

Cokluk ve arkadaşlarının 2007 yılında yayımladıkları bir çalışmada alt ekstremitte periferik sinir yaralanmalarında USG'nin cerrahi planındaki rolü değerlendirilmiştir. Çalışmaya 22 hasta dahil edilmiş, bu hastalar preoperatif ve perioperatif USG ile incelenmiştir. Araştırmacılar USG'nin yaralanma derecesi, sinir uçlarının belirlenmesi ve lezyon etrafındaki yapıların değerlendirilmesiyle cerrahi planlanmasına önemli katkıda bulunduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca USG'nin elektrofizyolojik incelemelerin kısıtlı olduğu durumlarda tamamlayıcı bir tetkik olarak kullanılabileceği belirtilmiştir [41].

Lauretti ve arkadaşlarının 2015 yılında yayımladığı dört hastalık bir vaka serisinde travmatik periferik sinir yaralanmasının değerlendirilmesi ve cerrahi planlamasında ultrasonografinin yeri değerlendirilmiştir. Preoperatif dönemde hastaların sinir hasarları elektrofizyolojik ve sonografik olarak incelenmiş, sonografik incelemeyle sinir hasarı tanımlanmış ve greft uzunluğu hesaplanıp cerrahi planı buna göre düzenlenmiştir. Cerrahi sonrasında ise takiplerde greftin pozisyonu ve canlılığının değerlendirilmesi için yine ultrasonografi kullanılmıştır. Bu çalışmada ultrasonografinin sinir hasarının yeri ve şiddetini tespit etmede, cerrahi planlamasında ve cerrahi sonrası takipte kullanımının değerli olduğu vurgulanmaktadır [42].

Brown ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladığı bir çalışmada ultrasonografinin üst ekstremitte periferik sinirlerinin değerlendirilmesinde ilk yöntem olarak kullanılabileceği vurgulanmaktadır. MRG ile karşılaştırıldığında ultrasonografinin daha ucuz olması, taşınabilir olması, cerrahi implantların neden olduğu artefaktlardan etkilenmemesi ve dinamik görüntüleme imkânı sağlaması gibi avantajları olduğu belirtilmiştir [43].

USG'nin erken dönem sinir yaralanması, tuzak nöropatiler gibi durumlarda etkin olduğu çalışmaların yanında polinöroapti gibi birden fazla sinirin etkilendiği hastalıklarda da özellikle hastalık takibinde kullanılabilir güvenli bir araç olduğunu vurgulayan çalışmalar literatürde mevcuttur. Fisse ve arkadaşlarının 2018 yılında yayımladıkları bir çalışmada 20 kronik inflamatuvar demiyelinizan polinöropati (KİDP) tanılı hasta incelenmiştir. Bu hastalar 6 ayda bir klinik muayene, engellilik değerlendirmesi, sinir iletim çalışmaları ve yüksek çözünürlüklü USG ile değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda alt ekstremitte sinirlerinde kesitsel alanların hastalık şiddeti ile korele olduğu tespit edilmiştir. Bu kapsamda USG'nin KİDP'de uzun dönem hastalık seyrinin takibinde objektif bir inceleme olabileceği vurgulanmıştır [44].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde USG ile periferik sinir hastalıklarının değerlendirilmesinde, tedavi kararında ve tedavi takibinde çok önemli veriler elde edilebileceği görülmektedir. Bunun yanında birkaç prospektif çalışma ve olgu sunumları dışında literatürde USG'nin çift ezilme sendromunun tanımlanmasında kullanıldığı az sayıda çalışma mevcuttur. Afet rehabilitasyonu sürecinde ise literatürde USG ile periferik sinir hastalıklarının ve çift ezilme sendromunun değerlendirildiği bir çalışma bildiğimiz kadarıyla bulunmamaktadır. Bu açıdan çalışmamız alanında öncü bir çalışma özelliği taşımaktadır.

Çift ezilme sendromu ile ilgili olarak Ökmen ve arkadaşlarının 2018 yılında yayımladıkları bir çalışmada kronik servikal radikülopatisi olan 40 hasta incelenmiştir. Her hastanın radikülopatinin olduğu spinal kök ile bilateral median, ulnar ve radyal sinir kesitsel alanları çeşitli noktalardan USG ile ölçülmüştür. Spinal köklerdeki kesitsel alan farkı semptomatik olan tarafta anlamlı şekilde yüksek olarak ölçülmüştür. Periferik sinirlerdeki kesitsel alanlarda ise çift ezilme sendromu düşündürecek anlamlı bir artış saptanmamıştır [45]. Bu çalışmada diyabet, polinöropati, karpal tünel sendromu gibi durumlar dışlanma kriteri olarak belirlenmiştir. Çalışmaya yalnızca tek kökte radikülopatisi ve bu kök hasarına ilişkin klinik şikayetleri olan hastalar dahil edilmiştir. Bu sebeple bu çalışmanın sonuçları servikal radikülopati ile periferik nöropati birlikteliğinin değerlendirilmesi hakkında yanıtıcı sonuçlara neden olabilmektedir.

Lee ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladıkları bir olgu sunumunda 55 yaşında bir erkek hasta tartışılmıştır. Bu hasta 3 aydır var olan ulnar sinir nöropatisi ile ilgili şikayetler ile hastaneye başvurmuştur. Yapılan elektrofizyolojik incelemeler sonrasında hastaya kübital tünel sendromu tanısı konmuştur. Sonrasında yapılan kas iskelet sistemi ultrasonografisinde kübital tünelde ulnar siniri sıkıştıran şeyin ankoneus troklearis kası olduğu tespit edilmiştir. Sonrasında USG tetkiki ilerletildiğinde bilek bölgesinde ulnar siniri sıkıştıran bir ganglion kisti olduğu da tespit edilmiştir. Bu vaka sunumunda hem dirsek bölgesinde sıkışmaya neden olan yapı USG ile tespit edilmiş, hem de bilekteki ganglion kistinin tespitiyle hastadaki çift ezilme sendromu tespit edilebilmiştir [46].

Shields ve arkadaşlarının 2022 yılında yayımladığı olgu sunumunda 52 ve 62 yaşında iki erkek hasta tartışılmıştır. Bu hastalar düşük ayak şikâyeti ile hastaneye başvurmuş, gerekli tetkikleri yapıldıktan sonra L5 köklerinde radikülopati tespit edilmiştir. Ultrasonografi ile incelendiğinde birinci hastada ortak peroneal sinire bası yapan bir kist varlığı tespit edilmiş, ikinci hastada ise ortak peroneal sinirde sinir hasarı bulguları tespit edilmiştir. Birinci hastada kistektomi, çoklu seviye laminektomi ve L5-S1 füzyonu ameliyatları uygulanmış, ikinci hasta ise konservatif tedavi ile takip edilmiştir [47].

Gerek periferik sinir yaralanmaları ultrasonografisinde gerekse de ÇES ile ilgili yayımlanmış birkaç vaka sunumunda ultrasonografi yaparken referans noktalar tanımlanmıştır. Brown ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada median sinirin sonografik incelemesindeki anatomik referans noktalar humerus seviyesinde biceps ve brakiyalis kasları arasındaki bisipital fossa, dirsekte brakiyal arter komşuluğu seviyesi, ön kolda fleksör digitorum profundus ile superficialis kasları arası seviyesi ile el bileği seviyesinde fleksör retinakulumun derini olarak; ulnar sinir için humerus düzeyinde brakiyal arterin postero-mediali, dirsek seviyesinde kübital tünel, ön kol düzeyinde fleksör digitorum profundus ile fleksör karpı ulnaris kasları arası, bilek düzeyinde ise guyon kanalı olarak; radyal sinir için ise humerusta spiral oluk düzeyi, dirsekte brakioradyalis ile brakiyalis kasları arası, ön kol düzeyinde ise supinator kası iki başının arası olarak belirtilmiştir [43].

Yablon ve arkadaşlarının 2016 yılında yayımladığı bir çalışmada ultrasonografinin alt ekstremitte periferik sinirlerinin değerlendirmesinde kullanılan anatomik referans noktalar vurgulanmıştır. Bu çalışmada siyatik sinirin sonografik incelenmesindeki anatomik referans noktalar iskial tüberkül, gluteal fold ve popliteal fossa; peroneal sinir için popliteal fossa, fibula başı ve fibula başını geçtikten sonra peroneus longus kasının derininde yer alan fibular tünel; tibiyal sinir için ise gastroknemius medial ve lateral başı arası, posterior tibiyal arter komşuluğu ve tarsal tünel olarak belirlenmiştir [48].

Çalışmamız, literatürde var olan çalışmalarda vurgulanan anatomik referans noktalarını dikkate alarak tasarlandı. Ancak çalışmamızdaki hasta grubunun enkaz altında kalması, yüksek enerjili travma geçiren hastalar olması sebebiyle sonografik incelemenin daha detaylı olması gerektiği düşünüldü. Daha sık aralıklarla ve yaralanma ihtimalinin yüksek olacağı ek anatomik referans noktaları da rutin incelemeye eklenerek yeni bir standardize inceleme yöntemi oluşturuldu. Bunun yanında ölçümlerin yapıldığı anatomik referans noktalarının dışında tüm sinir hattı ekstremitenin en distalinden en proksimal noktasına kadar incelenerek genel bir tarama da prosedüre eklendi. Böylelikle belirlenen referans noktaları dışındaki sinir hasarlarının gözden kaçmasının önüne geçilmeye çalışıldı. Örneğin 6 numaralı hastadaki median sinir hasarı, 7 numaralı hastadaki tibiyal sinir hasarı ve 14 numaralı hastanın siyatik sinir hasarı belirlenen anatomik referans noktalarının dışında gelişmiştir. Bu sonuçlar ile yalnızca belirtilen referans noktaları incelendiğinde, bizim çalışmamızda hastaların %20'si olmak üzere, bazı sinir hasarlarının gözden kaçabileceği sonucu çıkmaktadır. Sonuçlarımız sonografik incelemenin detaylandırılmasının önemini vurgulamaktadır. Literatürdeki referans noktaların dışında genel taramanın yapılması gerekliliği çalışmamızdan çıkan önemli bir sonuçtur.

Elfayoumy ve arkadaşlarının 2020 yılında yayımladıkları periferik sinir hastalıklarında ENMG ve USG'nin birlikte kullanımını inceleyen bir çalışmada 20 hastanın 30 farklı periferik siniri ENMG ve USG ile değerlendirilmiştir. ENMG ile 20 sinirde hasar bulgusu saptanmıştır. USG ile bu 20 sinirde sinir hasarı bulguları doğrulanmıştır ancak USG ile ENMG'ye ek farklı bir lokalizasyonda sinir hasarı tespit edilememiştir [49]. Bu çalışmada sinir hasarının tespitinde ENMG'nin olmazsa olmaz olduğu vurgulanmıştır. USG'nin ise destekleyici tetkik olarak kullanılabilmesi önerilmiştir. Bizim çalışmamızda ise 12/90 sinirde sinir hasarı, proksimal seviyede var olan sinir hasarı nedeni ile ENMG ile tespit edilememiştir. 2/90 sinirde ise teknik zorluklar nedeni ile hasarlı sinire yönelik ENMG yapılamamıştır. Tüm bu patolojiler USG ile tespit edilmiştir. Bu bağlamda özellikle yüksek enerjili travma geçiren ve ÇES düşünülen hastalarda ENMG ile ultrasonografinin birlikte kullanılmasının önemi oldukça büyüktür.

Çalışmamızın önemli sonuçlarından bir tanesi bu özel hasta grubunda ENMG ve USG'nin optimal yapıma durumunu değerlendirmesidir. Başta ağrı olmak üzere emosyonel instabilite, açık yara varlığı, pozisyonlama zorluğu optimal ENMG yapılmasını etkilemiştir. USG daha iyi tolere edilmiştir. Bununla birlikte USG'nin ENMG'den daha geç dönemde yapılabildiğinin bilinmesi önem taşımaktadır. Teknik olarak USG'de en önemli zorlayıcı faktör pozisyonlamadır. Bunun yanı sıra temas izolasyonu altındaki bu hastalarda steril jel kullanımı ve prob sterilizasyonu önem taşımaktadır. Bu noktalara dikkat edildiğinde USG'nin bir soruna neden olmadan uygulanması mümkün olmuştur.

Periferik sinir ENMG ve görüntülemesiyle ilgili literatür afetler dışında gelişmiş durumlardan elde edilmiştir. Afetler tarih boyunca büyük yıkıma neden olmuştur. Deprem, heyelan gibi doğal felaketlerin ardından kırıklar, yanıklar, spinal kord yaralanmaları gibi durumlar rehabilitasyon ve yardımcı teknoloji ihtiyacında artışa sebep olur [50]. Yaşanan felaketin büyüklüğüne göre de artan bu ihtiyacın karşılanamaması veya gecikmesi durumu can kayıplarında artış veya uzun dönemde sakatlık riskinde artışa sebep olabilmektedir [51].

Gosling ve arkadaşlarının 2024 yılında yayımladıkları bir derlemede düşük ve orta gelirli ülkelerdeki sağlık sistemlerinin afet öncesi rehabilitasyon hazırlıkları ve afet sırasındaki rehabilitasyon uygulamaları incelenmiştir. Derlemeye 27 çalışma dahil edilmiştir. İncelenen 27 çalışmada düşük ve orta gelirli ülkelerde rehabilitasyon hizmetlerinin afet hazırlık ve müdahale planlarına yeterince entegre edilmediği gösterilmiştir. Bu nedenle afet sırasında gereken rehabilitasyon müdahalelerinin sınırlandığı ve ihtiyacın karşılanamadığı belirtilmiştir. Bu nedenle de uzun dönemde engellilik oranının artabileceği vurgulanmıştır. Afet koşullarında rehabilitasyon hizmetlerine yönelik farkındalık ve eğitimlerin yaygınlaştırılması gibi politikaların geliştirilmesi önerilmiştir [52].

Deprem gibi yıkıcı felaketler özellikle küçük yaş gruplarında da stres ve davranışsal sorunları tetikleyebilmektedir. Kurt ve arkadaşlarının 2024 yılında yayımladıkları bir çalışmada 6 Şubat depreminden sonra çocuklarda stresin arttığı ve uzun vadede davranışsal problemlerin ortaya çıktığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada 4-10 yaş arasında depremden etkilenen 447 çocuğun ebeveynlerinden alınan bilgiler analiz edilmiştir. Hastane yatışı, aile üyelerinin kaybı gibi durumların davranış bozukluklarıyla önemli derecede ilişkili olduğu vurgulanmıştır [53].

Bizim çalışmamızda 15 hastanın 3'ü 18 yaşının altındaydı. Bunun yanında 8 hasta öğrencilik çağındaydı. Her ne kadar hastaların rehabilitasyon programları içerisinde düzenli ruhsal durum muayeneleri ve müdahaleleri yer alsada çalışmamızda buna ilişkin verilere yer verilmemiştir. Bunun nedeni bir istatistik oluşturacak kadar verimizin olmadığıdır ancak yakınlarını, evlerini ve vücut işlevlerini kaybetmiş bu hastalarda uzun dönem takiplerimiz sonrasında yaşama tekrardan dönmek mümkün olmuştur.

Bilir ve arkadaşlarının 2024 yılında yayımladıkları bir çalışmada 6 Şubat depreminden etkilenen 141 hasta incelenmiş, deprem sonrası bir rehabilitasyon programı önerilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada diğer branş hekimlerinin belirli bir tedaviye odaklanmasının yanında FTR hekimlerince hastaların günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlıklarını en üst düzeye çıkarmanın ve yaşam kalitelerini artırmanın hedeflendiği vurgulanmıştır. İncelenen 141 hastada %53,2 kırık, %51,8 yüzeysel yara, %41 periferik sinir hasarı, %36 Crush sendromu, %33 fasyotomi, %43 amputasyon gelişmiştir. Mevcut verilerin genel literatürle uyumlu olduğu ifade edilmiştir [54].

Bizim çalışmamızda periferik sinir hasarı olan hastalar çalışmaya dahil edildi. Hastaların %13,3'ünde kırık, %60'ında açık yara, %34'ünde Crush Sendromu, %34'ünde fasyotomi

tespit edilmişken hiçbir hastada amputasyon izlenmemiştir. Çalışmamıza depremden etkilenen genel hasta grubundan yalnızca periferik sinir hasarı tespit edilen hastalar dahil edilmesine rağmen bazı durumlar dışında saptanan tıbbi durumlar mevcut literatürle benzerlik göstermiştir.

Bilecik ve Kösehasanoğulları, Adana'da 6 Şubat depreminden sonra yapmış oldukları çalışmada 67 hastanın elektrofizyolojik sonuçlarını retrospektif olarak değerlendirmişler ve hastaların %44,8'inde elektrofizyolojik anormallik saptamışlardır. En sık yaralanan bölgeler olarak bacaklar, kollar ve ön kollar olarak belirlenmiştir. EMG bulguları en sık brakial pleksus ve siyatik sinir lezyonlarını göstermiştir. Bizim çalışmamızda da bu iki tanı öne çıkmaktadır. Detaylı sonografik bulgular ile yapılan çalışmamız ile benzer hasta grubunda yapılan bu çalışma karşılaştırıldığında yüksek oranda ÇES varlığının gösterilmesi çalışmamızın ne kadar önemli olduğunu göstermektedir [55]. Benzer olarak Gesoglu Demir ve Ethemoğlu'nun 6 Şubat depremi sonrası yapmış oldukları çalışmada 36 hasta değerlendirilmiş, hastaların %86.1'inde kısmi sinir hasarı gözlenmiştir. En sık etkilenen sinirler sırasıyla siyatik (%30.6), peroneal (%25) ve radial (%22,2) sinirler olarak saptanmıştır. Enkaz altında 6,5 saatten fazla kalan hastalarda crush sendromu, 8,5 saatten fazla kalanlarda ise kompartman sendromu gelişme riski artmıştır. Çalışma, enkaz altında kalma süresinin sinir hasarı ve sendrom gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymuştur [56]. Bilecik ve Kösehasanoğulları'nın çalışmasında olduğu gibi bu çalışmada da ÇES değerlendirilmemiştir. Bu çalışmada enkaz altında kalma süresi ve elektrofizyolojik sinir hasarı arasındaki ilişki bizim çalışmamızda ortaya konulamamıştır.

Gündüz ve arkadaşlarının 2001 yılında yayımladıkları çalışmada 17 Ağustos 1999 Marmara depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce-Bolu depreminden etkilenen ve kompresif sinir yaralanması olan 22 hasta ENMG ile değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya yalnızca kompresyona bağlı sinir hasarı düşünülen hastalar dahil edilmiş olup aynı ekstremitede ek bir sinir hasarına sebep olabilecek yaralanma varlığı dışlama kriteri olarak kabul edilmiştir. Bu hastalarda toplamda 29 ekstremitede etkilenmiş ve 55 periferik sinir hasarı saptanmıştır. Hastaların bazılarında izole periferik sinir hasarı olmakla birlikte birçoğunda kombine periferik sinir lezyonları saptanmıştır. Tüm hastalar incelendiğinde hiçbir hastanın ÇES tanısı olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada enkaz altında kalınan sürenin artmasıyla periferik sinir hasarı şiddeti arasında anlamlı ilişki saptanmıştır [57].

Çalışmamızda çok sayıda kısıtlılıklar mevcuttur. Yaş, cinsiyet, klinik durum açısından homojen bir çalışma grubu değildir. Beklenmedik bir zamanda çok büyük bir afet sonrasında yapıldığından dolayı hastaların medikal ve sosyolojik sorunları çeşitlilik göstermektedir. Bununla birlikte çalışmamız ÇES ile ilgili yapılmış en fazla sayıda hasta içeren çalışma olarak önem taşımaktadır. Çalışmamız sonucunda sonografik sinir değerlendirilmesi ile ilgili stratejiler geliştirilmiş ve standardize edilerek literatüre sunulmuştur. Ayrıca çalışmamızın sonuçları çarpıcı olarak sonografik incelemenin ÇES tanısında önemini vurgulamaktadır. Sonografik incelemenin elektrofizyolojik inceleme öncesinde uygulanması düşünülmelidir.

Örneğin çalışmamızdaki 1 numaralı hasta her iki siyatik sinir hasarı klinik ön tanısıyla rehabilitasyon programına Şubat ayında başlanmıştır. Hastanın ENMG ve USG tetkikleri Eylül ayında yapılabilmıştır. Hastanın sol bacak lateralinde fasyotomi, sağ bacak medialinde ise fleb çevirme operasyonu öyküsü mevcuttur. Bu 7 aylık bekleme süresinin nedeni ön planda ağrı olmuştur. Bunun yanında emosyonel instabilite, enfekte açık yaraların varlığı gibi etmenler ENMG ve USG tetkiklerinin yaralanma sonrası yedinci ayda yapılabilmesi sonucunu doğurmuştur. Hastanın ilk muayenesinde her iki siyatik sinirle innerve olan kaslarda önemli kas gücü zaafı, ayakta duramama ve yürüyememe mevcuttur. Her iki bacakta siyatik sinirle innerve tüm kaslarda kas gücü 0/5 iken rehabilitasyon programını takiben sağ bacakta siyatik sinir innervasyonlu tüm kaslarda 7. Ayda 3/5'lik kas gücü elde edilmiştir. Sol bacakta ise gastroknemius kasında rehabilitasyon sonrası kas gücü 3/5'lik kas gücü elde edilirken peroneal sinir innervasyonlu tibialis anterior, peroneus longus ve ekstansör hallusis longus kaslarında kas gücü 1/5 olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ENMG tetkiki ile her iki siyatik sinir hasarı elektrofizyolojik olarak doğrulanmıştır ancak peroneal sinir ile ilgili patoloji ENMG ile ortaya konulamamıştır. Sonografik inceleme ile sol peroneal sinirin fibula başı distalinde rüptüre görünümde olduğu ve sinir olması gereken yerde fibröz dokunun bulunduğu gösterilmiştir. Rehabilitasyon programı ile sol baktaki peroneal sinir innervasyonlu kasların diğer kaslara göre daha az gelişmesi durumu bu rüptür sonucunda olduğu ispatlanmıştır. Buradan çıkarılacak sonuç; çoklu travma yaşayan ve sinir hasarı olan hastalarda tahmin edilenin ötesinde ek periferik sinir hasarları ortaya çıkabilir. Çift ezilme sendromu tanısında tek başına ENMG yetersiz kalabilir. Bu hasta grubunda ÇES teşhisi için ENMG'nin yanında periferik sinirler USG ile de incelenmelidir. Bu hastalarda ÇES varlığı kötü prognoz ile ilişkilidir.

ENMG tetkiki bu tür hastalarda başta uygulanması zor bir tetkiktir. Çalışmamızın sonucunda 7 hastada optimal koşullarda ENMG yapılamadığı raporlanmıştır. Ayrıca ENMG için deprem

gibi büyük bir felaket yaşamış, yakınlarını kaybetmiş ve kendisinde de önemli sakatlıklar bulunan hastalara yaklaşım ile günlük rutin olarak değerlendirilen hasta gruplarına yaklaşım arasında çok ciddi farklar bulunmaktadır. Ayrıca bu değerlendirmenin laboratuvarın günlük işleyişini aksatmadan titizlikle ve doğru bir şekilde yapılması da elektromiyograf ve ekibi açısından ayrıca zordur ve ek bilgi ve deneyim gerektirir. Ayrıntılı bir klinik değerlendirme oldukça önemlidir ve rehabilitasyon programının ayrılmaz bir parçasıdır. Sonografik inceleme ise ağrısızdır ve bilinen bir zararı da yoktur. Bu sebeple bu tür hastaların deneyimli kişiler tarafından periferik sinir ultrasonografisi ile hızlıca değerlendirilmesi sinir hasarlarının daha erken dönemde tespit edilmesini ve gerekli ek tedavi yöntemlerinin daha hızlı uygulamaya koyulmasını sağlayabilir.

Dokuz numaralı hastamız enkaz altında 72 saat kaldıktan sonra kurtarılan bir mağdurdur. Depremde annesi, babası ve 3 kardeşini kaybeden hastanın yapılan EMG'sinde sağ brakiyal pleksusun tüm trunkuslarında aksonal hasar saptanırken sonografik incelemede sağ posterior interosseöz sinirin supinatör kasının distalinde yaralandığı gösterilmiştir. Hasta ultrasonografik inceleme sırasında bu yaralanmanın mekanizmasını dramatik olarak anlatmıştır. İkinci gün sonunda yardım isteyecek sesinin kalmadığını ve ses çıkarmak için sağ ön kolunu yıkılmış sütuna defalarca vurarak yardım istemeye çalıştığını ifade etmiştir. Bu öykü sağdaki PIN hasarının olası sebebi olarak düşünülmüştür. Bu durum deprem sonrası ilk 24 saatte kurtarma çalışmalarının önemini vurgulaması açısından son derece önemlidir. Ayrıca bu örnekle depremzede hastalardan ayrıntılı öykü almanın ne derece önemli ve bir o kadar da zor olduğunu açıkça görülmektedir. Bu hasta diğer hastalarımızdan farklı olarak bir yıldan uzun süren rehabilitasyon programı almıştır. Enkaz altında kalma süresi uzadıkça hayatta kalmanın zor olmasının yanı sıra yüksek komplikasyon oranı ve uzamış rehabilitasyon süresi ile ilişkilidir.

SONUÇ

1. Deprem mağdurlarında periferik sinirde birden fazla bölgede yaralanma olabilir. Bu durum ÇES olarak yorumlanmalıdır.
2. Ağrı, açık yara, pozisyonlama zorluğu ve emosyonel sıkıntılar başlangıç ENMG'sinin optimal koşullarda yapılmasını kısıtlamaktadır.
3. Kas iskelet sistemi ultrasonografisi deneyimli ellerde, önceden belirlenmiş standart protokoller ile uygulandığında önemli bilgiler sağlamaktadır.
4. ÇES tanısı yalnızca klinik muayene veya ENMG ile konulamamaktadır. Ultrason ÇES varlığının ortaya konulmasında önemli bir yöntemdir.
5. USG tetkiki standardize yöntemlerle uygulanmalıdır. Belirli referans noktaların dışında tüm sinir hattının taranması önemlidir.
6. ÇES prognozu ve rehabilitasyonu önemli oranda etkileyebilen bir durumdur.
7. Çalışmamız ile bu hastalarda kullanılacak protokol oluşturulmuştur. Bu protokolü uygulayabilecek seviyede ENMG ve ultrasonografi öğrenilmesinin bu hasta grubunun rehabilitasyonu için önemli noktalardan bir tanesi olduğunu düşünmekteyiz.
8. USG'nin periferik sinir hastalıklarının değerlendirilmesindeki etkin rolü göz önünde bulundurulduğunda oluşturduğumuz bu protokolün yalnızca afet durumlarında değil periferik sinir hasarı düşünülen tüm hastalarda değerlendirme yöntemi olarak kullanılmasını öneriyoruz.
9. Depremzede kişilerin fiziksel ve ruhsal olarak ağır travma yaşadığı unutulmamalıdır. Hekimlik mesleğinde empatinin yeri yadsınamaz bir gerçektir ancak böylesine bir felaket yaşayan bir hastayla ilgilenirken empati kurmak normalden çok daha zordur.
10. Bu hasta grubundan öykü alınırken hastalar ekstra zorlanabilir, aynı anı tekrar yaşıyormuş gibi hissedebilir. Bu durum da ayrıntılı öykü almayı zorlaştırır. Bu sebeple sabırlı davranıp anamnezin ve fizik muayenenin gerekirse birkaç güne yayılması gibi yöntemler kullanılabilir.
11. Ülkemizde bundan sonra da deprem yaşanacaktır. Depremde enkaz altında kalmanın hem sayı hem de süre olarak azaltılması için her türlü çaba gösterilmelidir.
12. Sağlık sistemi içerisinde bu hastalara hizmet veren Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon hekimleri bu tür büyük afetlere hazırlıklı olmalıdır.

KAYNAKLAR

1. TMMOB, *February 6 Earthquakes 8th Month Evaluation Report*. . 2023.
2. Yilmaz, S., et al., *February 6(th), Kahramanmaraş earthquakes and the disaster management algorithm of adult emergency medicine in Turkey: An experience review*. Turk J Emerg Med, 2024. **24**(2): p. 80-89.
3. Dornhofer, P. and J.Z. Kellar, *Intraosseous Vascular Access*, in *StatPearls*. 2024, StatPearls Publishing
Copyright © 2024, StatPearls Publishing LLC.: Treasure Island (FL).
4. Heemskerck, J.L., et al., *Prehospital Response Time of the Emergency Medical Service during Mass Casualty Incidents and the Effect of Triage: A Retrospective Study*. Disaster Med Public Health Prep, 2022. **16**(3): p. 1091-1098.
5. Yağcı, İ., et al., *Rehabilitation Needs in the Acute and Subacute Phase After Kahramanmaraş Earthquake: A Multicenter Descriptive Study*. The 17th Congress of the European Forum For Research in Rehabilitation, 2023.
6. Moore, K.L., *Klinik Anatomiye Giriş: Kliniğe Yönelik Anatomi*. 2007.
7. LEVENDÖĞLU, F., *Tıbbi Rehabilitasyon*, in *Periferik Sinir Sistemi ve İskelet Kası*, H. Oğuz, Editor. 2015.
8. ERTAŞ, M. *Periferik Sinirlerin Anatomi ve Fizyolojisi, Zararlanmaları*. 2000; Available from: <http://www.itfnoroloji.org/mertas/anatomofizy.htm>.
9. Wijntjes, J., A. Borchert, and N. van Alfen, *Nerve ultrasound in traumatic and iatrogenic peripheral nerve injury*. Diagnostics, 2020. **11**(1): p. 30.
10. Orthoteers. *Nerve Injuries-General Principles*. Available from: www.orthoteers.co.uk/nrujon-j33/m/orthnerveinj.htm.
11. Terres, D., *Wound Healing, Nerve*. EMedJ, 2002.
12. Seddon, H.J., *A Classification of Nerve Injuries*. Br Med J, 1942. **2**(4260): p. 237-9.
13. Sunderland, S., *A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function*. Brain, 1951. **74**(4): p. 491-516.
14. Agarwal, A., et al., *Can imaging be the new yardstick for diagnosing peripheral neuropathy?—a comparison between high resolution ultrasound and MR neurography with an approach to diagnosis*. Insights Into Imaging, 2019. **10**: p. 1-13.
15. Zhu, J., et al., *Preliminary study of the types of traumatic peripheral nerve injuries by ultrasound*. Eur Radiol, 2011. **21**(5): p. 1097-101.
16. On, A.Y., *Travmatik Periferik Sinir Yaralanmaları*, in *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, M. Beyazova and Y.G. Kutsal, Editors. 2016.
17. Gündüz, O.H., *Elektrofizyolojinin Klinik Kullanım İlkeleri ve Verilerin Değerlendirilmesi*, in *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, M. Beyazova and Y.G. Kutsal, Editors. 2016.
18. *Radikülopati*, in *Elektromiyografi ve Nöromusküler Hastalıklar, Klinik-Elektrofizyoloji-Ultrason Korelasyonları*, D. Preston and B. Shapiro, Editors.
19. *Brakial Pleksopati*, in *Elektromiyografi ve Nöromusküler Hastalıklar, Klinik-Elektrofizyoloji-Ultrason Korelasyonları*.
20. *Omuz ve Kolun Proksimal Nöropatileri*, in *Elektromiyografi ve Nöromusküler Hastalıklar, Klinik-Elektrofizyoloji-Ultrason Korelasyonları*, D. Preston and B. Shapiro, Editors.
21. *Lumbosakral Pleksopati*, in *Elektromiyografi ve Nöromusküler Hastalıklar, Klinik-Elektrofizyoloji-Ultrason Korelasyonları*, D. Preston and B. Shapiro, Editors.
22. Goyal, A., et al., *Imaging of traumatic peripheral nerve injuries*. Journal of clinical orthopaedics and trauma, 2021. **21**: p. 101510.

23. Pham, M., T. Bäumer, and M. Bendszus, *Peripheral nerves and plexus: imaging by MR-neurography and high-resolution ultrasound*. *Curr Opin Neurol*, 2014. **27**(4): p. 370-9.
24. Zaidman, C.M., et al., *Detection of peripheral nerve pathology: comparison of ultrasound and MRI*. *Neurology*, 2013. **80**(18): p. 1634-1640.
25. Padua, L., et al., *Ultrasound as a useful tool in the diagnosis and management of traumatic nerve lesions*. *Clin Neurophysiol*, 2013. **124**(6): p. 1237-43.
26. Fox, I.K. and S.E. Mackinnon, *Adult peripheral nerve disorders: nerve entrapment, repair, transfer, and brachial plexus disorders*. *Plast Reconstr Surg*, 2011. **127**(5): p. 105e-118e.
27. Ciaramitaro, P., et al., *Traumatic peripheral nerve injuries: epidemiological findings, neuropathic pain and quality of life in 158 patients*. *J Peripher Nerv Syst*, 2010. **15**(2): p. 120-7.
28. Haastert-Talini, K., et al., *Electrical stimulation accelerates axonal and functional peripheral nerve regeneration across long gaps*. *J Neurotrauma*, 2011. **28**(4): p. 661-74.
29. Upton, A.R. and A.J. McComas, *The double crush in nerve entrapment syndromes*. *Lancet*, 1973. **2**(7825): p. 359-62.
30. Katsuura, Y., et al., *Shoulder Double Crush Syndrome: A Retrospective Study of Patients With Concomitant Suprascapular Neuropathy and Cervical Radiculopathy*. *Clin Med Insights Arthritis Musculoskelet Disord*, 2020. **13**: p. 1179544120921854.
31. Fowler, J.R., J.P. Gaughan, and A.M. Ilyas, *The sensitivity and specificity of ultrasound for the diagnosis of carpal tunnel syndrome: a meta-analysis*. *Clin Orthop Relat Res*, 2011. **469**(4): p. 1089-94.
32. Zaki, H.A., et al., *A Comparative Analysis Between Ultrasound and Electromyographic and Nerve Conduction Studies in Diagnosing Carpal Tunnel Syndrome (CTS): A Systematic Review and Meta-Analysis*. *Cureus*, 2022. **14**(10): p. e30476.
33. Chang, K.V., et al., *Ulnar Nerve Cross-Sectional Area for the Diagnosis of Cubital Tunnel Syndrome: A Meta-Analysis of Ultrasonographic Measurements*. *Arch Phys Med Rehabil*, 2018. **99**(4): p. 743-757.
34. Chen, I.J., et al., *Ultrasound Parameters Other Than the Direct Measurement of Ulnar Nerve Size for Diagnosing Cubital Tunnel Syndrome: A Systemic Review and Meta-analysis*. *Arch Phys Med Rehabil*, 2019. **100**(6): p. 1114-1130.
35. Bayrak, I.K., et al., *Diagnostic value of ultrasonography in peroneal neuropathy*. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 2018. **48**(6): p. 1115-1120.
36. Giasna, G.K., M.C. Micu, and R. Micu, *Schwannoma of the median nerve mimicking carpal tunnel syndrome in a pregnant patient. Case report*. *Med Ultrason*, 2016. **18**(4): p. 521-523.
37. Giray, E., et al., *Muscle belly in the tunnel: an unusual cause of carpal tunnel syndrome in a patient with spinal cord injury*. *Spinal Cord Ser Cases*, 2019. **5**: p. 54.
38. Ashwell, Z.R., J.M. Froelich, and C.D. Strickland, *Unique Utility of Sonography for Detection of an Iatrogenic Radial Nerve Injury*. *J Ultrasound Med*, 2016. **35**(5): p. 1101-3.
39. Dubey, V., et al., *Median Nerve Entrapment after Elbow Dislocation and the Role of Ultrasonography - A Case Report*. *J Orthop Case Rep*, 2017. **7**(3): p. 21-24.
40. Padua, L., et al., *Misdiagnosis of lumbar-sacral radiculopathy: usefulness of combination of EMG and ultrasound*. *Neurological Sciences*, 2007. **28**: p. 154-155.
41. Cokluk, C. and K. Aydin, *Ultrasound examination in the surgical treatment of lower extremity peripheral nerve injuries: part II*. *Turk Neurosurg*, 2007. **17**(3): p. 197-201.

42. Lauretti, L., et al., *Ultrasound evaluation in traumatic peripheral nerve lesions: from diagnosis to surgical planning and follow-up*. Acta Neurochir (Wien), 2015. **157**(11): p. 1947-51; discussion 1951.
43. Brown, J.M., et al., *US of the peripheral nerves of the upper extremity: a landmark approach*. Radiographics, 2016. **36**(2): p. 452-463.
44. Fisse, A.L., et al., *Clinical, sonographic, and electrophysiologic longitudinal features of chronic inflammatory demyelinating polyneuropathy*. Journal of Neuroimaging, 2019. **29**(2): p. 223-232.
45. Ökmen, B.M., K. Ökmen, and L. Altan, *Investigation of the effect of cervical radiculopathy on peripheral nerves of the upper extremity with high-resolution ultrasonography*. Spine, 2018. **43**(14): p. E798-E803.
46. Lee, S.-U., M.-W. Kim, and J.M. Kim, *Ultrasound diagnosis of double crush syndrome of the ulnar nerve by the anconeus epitrochlearis and a ganglion*. Journal of Korean Neurosurgical Society, 2016. **59**(1): p. 75-77.
47. Shields, L.B., et al., *Role of electromyography and ultrasonography in the diagnosis of double crush lumbar radiculopathy and common fibular injury: illustrative cases*. Journal of Neurosurgery: Case Lessons, 2022. **3**(16).
48. Yablon, C.M., et al., *US of the peripheral nerves of the lower extremity: a landmark approach*. Radiographics, 2016. **36**(2): p. 464-478.
49. Elfayoumy, N.M., et al., *Role of nerve ultrasound versus electrophysiological studies in the evaluation of nerve injuries*. The Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery, 2020. **56**: p. 1-6.
50. Mills, J.-A., et al., *Development and implementation of the World Health Organization emergency medical teams: minimum technical standards and recommendations for rehabilitation*. PLoS Currents, 2018. **10**.
51. Ojukwu, C.P., et al., *Knowledge, practices and perceived barriers of physiotherapists involved in disaster management: a cross-sectional survey of Nigeria-based and trained physiotherapists*. International health, 2021. **13**(6): p. 497-503.
52. Gosling, J., et al., *Lessons learned from health system rehabilitation preparedness and response for disasters in LMICs: a scoping review*. BMC public health, 2024. **24**(1): p. 806.
53. Kurt, A., A. Topan, and B. Akkoç, *Early childhood stress and behavioural problems in children following the 2023 Kahramanmaraş earthquake in Turkey*. Current Psychology, 2024.
54. Bilir, E.E., et al., *Clinical properties and rehabilitation needs of earthquake survivors in a subacute rehabilitation setting*. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg, 2024. **30**(4): p. 297-304.
55. Bilecik, N.A. and M. Kösehasanoğulları, *Compressive Peripheral Nerve Injuries in Earthquake Victims in Kahramanmaraş Earthquake on February 6, Our Clinical Observations*. Journal of Cukurova Anesthesia and Surgical Sciences, 2023. **6**(2): p. 342-345.
56. Demir, T.G. and K.B. Ethemoglu, *Clinical, etiological, and electrophysiological characteristics of patients with peripheral nerve damage caused by the February 6 earthquake in Türkiye*. Turkish Journal of Neurology, 2024. **30**(3): p. 141-148.
57. Osman Hakan Gündüz, H.B., Halil Uçan, *Compressive peripheral nerve injuries in earthquake victims Depremzedelerde kompresif periferik sinir yaralanmaları*. Journal of Rheumatology and Medical Rehabilitation , , 2001. **12**: p. 181-184.

Ek 1: Hasta Takip Formu

Adı-Soyadı	
Doğum Tarihi	
TC	
Ek Hastalıklar	
Boy/Kilo	/
Kullandığı İlaçlar	
Meslek	
İl	
Enkaz süresi	
Cerrahi	

Ek 2: Üst Ekstremitte USG Değerlendirme Formu

Adı Soyadı:

Yaş:

TC:

Tel:

Tarih:

EMG TANISI:

Median Sinir	Sağ KAÖ (mm ²)	Sol KAÖ (mm ²)
El bilek		
FDP-FDS		
Pronator		
Dirsek		
Humerus Mid		
Aksilla		

Median sinir yaralanma seviyesi	Taraf	KAÖ (mm ²)	Sınıflama

Ulnar Sinir	Sağ KAÖ (mm ²)	Sol KAÖ (mm ²)
Psiform		
A-N ayrılma		
Kübital tünel		
Humerus Mid		
Aksilla		

Ulnar sinir yaralanma seviyesi	Taraf	KAÖ (mm ²)	Sınıflama

Radyal Sinir	Sağ KAÖ (mm ²)	Sol KAÖ (mm ²)
Supinator- PIN		
Supinator proksimali		
Dirsek		
Spiral oluk distali		
Spiral oluk		
Aksilla		

Radyal sinir yaralanma seviyesi	Taraf	KAÖ (mm ²)	Sınıflama

Ek 3: Alt Ekstremitte USG Değerlendirme Formu

Adı Soyadı:

Yaş:

TC:

Tel:

Tarih:

EMG TANISI:

Siyatik Sinir	Sağ KAÖ (mm ²)	Sol KAÖ (mm ²)
Femur proks		
Femur mid		

Siyatik sinir yaralanma seviyesi	Taraf	KAÖ (mm ²)	Sınıflama

Peroneal Sinir	Sağ KAÖ (mm ²)	Sol KAÖ (mm ²)
Femur ayrılma		
Fibula proks		
Fibula başı		
Fibula distal		

Peroneal sinir yaralanma seviyesi	Taraf	KAÖ (mm ²)	Sınıflama

Tibial Sinir	Sağ KAÖ (mm ²)	Sol KAÖ (mm ²)
Femur ayrılma		
Tibial ayrılma		
Poplitea proks		
Poplitea		
Mid Calf		
Medial Malleol		

Tibial sinir yaralanma seviyesi	Taraf	KAÖ (mm ²)	Sınıflama

