



Deprem ilişkili omurilik ve periferik sinir hasarında rehabilitasyon

Rehabilitation in earthquake-related spinal cord and peripheral nerve injury

Emine Esra Bilir, Elif Yalçın

Sağlık Bilimleri Üniversitesi Ankara Bilkent Şehir Hastanesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı, Ankara

Depremler, yıkıcı etkileri olan ve toplumsal yaşam, ekonomi, fiziksel ve psikolojik sağlık ve insan yaşamında büyük hasara neden olan katastrofik doğal afetlerdir. Ortopedik yaralanmalar, yaralanma yükünün büyük kısmını oluşturur. Bu yaralanmalar, kırık, amputasyon, travmatik beyin yaralanması, omurilik yaralanması (OY) ve periferik sinir yaralanmasıdır. Deprem sonrası nörolojik yaralanmalar arasında yer alan OY, bireyin fiziksel, psikolojik ve sosyal sağlığını ve esenliğini etkileyen, yaşam boyu süren, tıbbi açıdan karmaşık ve maliyeti yüksek bir sağlık sorunudur. Depremle ilişkili farklı yaralanma türleri arasında, periferik sinir yaralanması (PSY), morbidite ve uzun dönem sakatlığın en önemli nedenlerinden biridir. Bu sinir yaralanmaları yaşamı tehdit etmese de uzun süreli yaşam kalitesini etkileyebilir.

Anahtar sözcükler: deprem; omurilik yaralanması; periferik sinir yaralanması; rehabilitasyon

Earthquakes are catastrophic natural disasters that have devastating effects and cause great damage to social life, economy, physical and psychological health and human life. Orthopedic injuries account for the bulk of the injury burden. These are serious injuries that can cause long-term physical impairment, including fractures, amputations, traumatic brain injury, spinal cord injury (SCI) and peripheral nerve injury. Spinal cord injury, which is among the neurological injuries after an earthquake, is a lifelong, medically complex and costly health problem that affects the physical, psychological and social health and well-being of the individual. Among the different types of earthquake-related injuries, peripheral nerve injury (PSY) is one of the most important causes of morbidity and long-term disability. Although these nerve injuries are not life-threatening, they can affect long-term quality of life.

Key words: earthquake; spinal cord injury; peripheral nerve injury; rehabilitation

Depremler, yıkıcı etkileri olan ve toplumsal yaşam, ekonomi, fiziksel ve psikolojik sağlık ve insan yaşamında büyük hasara neden olan katastrofik doğal afetlerdir.^[1] Ortopedik yaralanmalar, yaralanma yükünün büyük kısmını oluşturur. Deprem gibi büyük ölçekli doğal afetler genellikle ani, önemli can kaybının yanı sıra kırık, amputasyon, travmatik beyin yaralanması ve omurilik yaralanması (OY) dâhil olmak üzere uzun süreli fiziksel bozulmaya neden olabilecek ciddi sakatlıklara yol açar.^[2]

Deprem felaketlerinde tıbbi müdahale dört basamaktan oluşur; bunlar arama ve kurtarma, triyaj ve ilk stabilizasyon, belirli tıbbi bakım ve sevtir. Olası spinal yaralanma durumunda olay yerinde spinal immobilizasyon, intravenöz girişim ve servikal dizilimin korunması kritik öneme sahiptir. Hastaların uygun rehabilitasyon hizmetleriyle multidisipliner bir bakım tesisine hızlı sevk edilmesi endikedir.^[3]

Deprem sonrası nörolojik yaralanmalar arasında yer alan omurilik yaralanması, bireyin fiziksel, psikolojik, sosyal sağlığını, esenliğini etkileyen, yaşam boyu süren, tıbbi açıdan karmaşık ve maliyeti yüksek bir sağlık sorunudur.^[4]

Deprem ilişkili OY çalışmalarının ortak özellikleri; diğer nedenler kaynaklı OY hastalarına kıyasla artan kadın oranı, azalmış servikal OY sayısı, rehabilitasyon protokollerinin olmadığı merkezlerde daha yüksek komplikasyon oranları olarak belirlenmiştir. Bu çalışmalara rağmen veriler sınırlıdır.^[2] Yine yakın zamanda yapılan başka bir epidemiyoloji çalışmasında OY'li hastaların çoğunlukla paraplejik olduğu (%89), komplet tetraple-

İletişim / Contact: Uzm. Dr. Emine Esra Bilir • E-posta / E-mail: esrabilirftr@gmail.com

ORCID iD: Emine Esra Bilir, 0000-0002-0671-1335 • Elif Yalçın, 0000-0002-0374-4502

Geliş / Received: 13 Temmuz 2023 • **Revizyon / Revised:** 17 Ağustos 2023, 30 Ağustos 2023 • **Kabul / Accepted:** 4 Eylül 2023

jiklerin hayatta kalamadığı, kadın ve çocuk hasta sayısının orantısız olarak fazla olduğu belirtilmektedir.^[5]

Deprem sonrası OY, bireyin omurga kırıklarının bir sonucu olarak ortaya çıkabilen, potansiyel olarak sakat bırakan, yıkıcı bir nörolojik sonuçtur. Fiziksel komplikasyonların yanı sıra, OY'yi takip eden psikososyal sonuçlar, kaygı, depresyon, sosyal geri çekilme, düşük özgüven, travma sonrası stres bozukluğu ve intihar düşünceleri ve girişimleridir. Sonuç olarak, bu koşullar rehabilitasyon yaklaşımlarını ve genel sağlığı çok fazla etkiler ve kötüleştirir.^[6,7]

Omurilik yaralanması lezyon seviyesinin altında tam veya eksik fonksiyonel bozulmaya neden olur. Ayrıca, OY'li bireyler sıklıkla kronik ağrı, basınç ülseri, spastisite, idrar yolu enfeksiyonu ve derin ven trombozu gibi OY ile ilgili ikincil komplikasyonlar yaşarlar.^[8]

Deprem sırasında omurilik yaralanmaları doğrudan ezilme nedeniyle olabileceği gibi, hastaneye transferler sırasındaki traksiyon ve rotasyon hasarları şeklinde (özellikle afetzede yıkılmış bir bina ya da araçtan, omurgayı korumak için alınması gereken önlemler konusunda yetersiz bilgiye sahip bireyler tarafından çıkartılıyorsa) ya da yüksekten düşme kaynaklı oluşabilir.

PATOFİZYOLOJİ

Birincil hasar: Santral sinir sisteminde travma anında ortaya çıkan nöral dokunun kompresyon, kontüzyon ve laserasyonu ile sonuçlanan ve ilk anda oluşan evredir. Omuriliğin uzun süre travmaya maruz kalması hasarın şiddetini arttırır.^[9-11]

İkincil hasar: İlk evreyi takiben dakikalar saatler içinde başlar, haftalarca devam eder. Nedeni bozulan perfüzyon kaynaklı iskemidir.^[9,11]

OMURİLİK YARALANMALI HASTA DEĞERLENDİRİLMESİ VE TAKİBİ

Deprem sonrası OY takibi ve tedavisinde hasta değerlendirilmesi birinci adımdır. Afet sonrası genel hasta değerlendirilmesinin yanı sıra OY'li hastalarda gelişebilecek erken ve geç dönem komplikasyonların önlenmesi için ayrıntılı bir değerlendirme ve yakın takip gerekir.

Omurilik yaralanması olgularında hastanın klinik durumu üç ana faktöre bağlıdır. Bunlar komplet/inkomplet yaralanma; ciddi nörolojik hasar, eşlik eden travma, yaş ve/veya önceden var olan tıbbi hastalıklardır.^[12] Omurilik yaralanması genellikle kafa travmaları, pelvis, ekstremiteler ve kot kırıkları, toraks/abdomen/pelvik organ yaralanmaları, periferik sinir ve pleksus lezyonları, ezilme (*crush*) sendromları eşlik edebilir.

Değerlendirme ve tedavi için sistematik bir yaklaşım izlenmelidir. Hastanın öncelikle vital bulguları stabil hâle

getirilmeli, takiben spinal travmaya yönelik tanı ve tedavi prosedürüne geçilmelidir.^[12,13] Tüm hastalara sistemik muayene ve beraberinde ayrıntılı bir nörolojik muayene yapılmalıdır. Değerlendirmenin sonunda, öncelikler ve hedefler listesi, buna karşılık gelen bir tedavi planı oluşturulmalı, mümkünse hastanın kendisi veya ailesi/hasta bakıcısıyla hedefler belirlenmelidir.

Değerlendirme, Amerikan Omurilik Yaralanması Derneği (*American Spinal Injury Association, ASIA*) değerlendirilmesi olarak bilinen ABS/AIS ASIA Bozukluk Skalası (*ASIA Impairment Scale*)'nin ISNCSCI 2019 revizyonu Omurilik Yaralanması Nörolojik Sınıflaması için Uluslararası Standartlar (*International Standards for the Neurological Classification of Spinal Cord Injury*) kullanılarak gerçekleştirilir. Bu skala omurilik yaralanmasının seviyesi ve şiddetinin dokümantasyonu için altın standarttır (Şekil 1).^[14] Omurilik yaralanması için uluslararası standardize edilmiş bir sınıflandırma sağlar ayrıca yaralanmanın nörolojik seviyesiyle inkomplet ve komplet yaralanma sınıflandırılmasına olanak verir. Komplet lezyon AIS A, inkomplet lezyonlar AIS B, C, D ve E olarak tanımlanır. Nörolojik muayenede en distal segmentte (S4/5) istemli anal kontraksiyonun ve duyunun korunması yaralanmanın komplet kesi olmadığını, prognozun daha iyi olabileceğini gösterir.

Spinal Şok

Erken dönem hastalarda spinal şok tablosu travma sonrası OY'ye bağlı ortaya çıkan bir nöronal blok durumudur. Omurilik yaralanması olan bölgedeki nöronların supraspinal kontrolünün kaybolmasına bağlı oluşan önce flask sonra spastik paralizinin geliştiği klinik tablodur. Sempatik yanıt azaldığından periferik dilatasyona bağlı hipotansiyon ve bradikardi görülebilir.

Spinal şok döneminin ardından omurilikteki hasara bağlı nörolojik bulgular ortaya çıkar. Hastaların tedavi seyirlerinin takibi için de standart ve objektif değerlendirme kriterlerini içeren Şekil 1'de görülen ASIA skalası kullanılır.^[14]

Deprem ilişkili omurilik yaralanmalı hastalar için başlangıç ve takip değerlendirmelerinde esas olan eşlik eden patolojilerin ve komplikasyonların tanınması, otonom disfonksiyon, mesane ve bağırsak disfonksiyonu, motor ve duyu fonksiyon, günlük yaşam aktiviteleri, psikolojik ve emosyonel iyilik hâlinin sağlanmasıdır.

OMURİLİK YARALANMALI HASTALARA TEDAVİ YAKLAŞIMLARI

İlk Müdahale

İlk muayenede hastanın hava yolu değerlendirilerek solunum, dolaşım ve kanama kontrolü yapılır. Güvenli pozisyonlama ve transferler sağlanmalı, hasta iskemi ve hipotansiyondan korunmalıdır.^[12]

INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI) (ASIA)

Patient Name _____ Date/Time of Exam _____
 Examiner Name _____ Signature _____

RIGHT **MOTOR** **KEY MUSCLES** **SENSORY** **KEY SENSORY POINTS** **LEFT** **MOTOR** **KEY MUSCLES**

UER (Upper Extremity Right) **LER** (Lower Extremity Right) **UEL** (Upper Extremity Left) **LEL** (Lower Extremity Left)

RIGHT TOTALS (MAXIMUM) (50) (56) (56) **LEFT TOTALS** (MAXIMUM) (56) (56) (50)

MOTOR SUBSCORES **SENSORY SUBSCORES**

NEUROLOGICAL LEVELS 1. SENSORY (R L) 2. MOTOR (R L) 3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI) 4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In injuries with absent motor OR sensory function to S4-5 only) 5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) 6. ZONE OF PARTIAL PRESERVATION (Most caudal levels with any innervation)

Comments (Non-key Muscles? Reason for NT? Pain? Non-SCI condition?):

(VAC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No) (DAP) Deep Anal Pressure (Yes/No)

Şekil 1. ABS/ASIA Bozukluk Skalası (AIS Impairment Scale).^[14]

Farmakolojik Tedavi

Omurilik yaralanması sonrası hipoksi, enflamatuvar reaksiyon, apoptozis kısır döngüsü ikincil hasarın oluşumuna neden olur. Farmakolojik tedaviler bu hasarı önlemeye yöneliktir. Ancak etkin bir farmakolojik tedavi protokolü geliştirilememiştir.

Kortikosteroidlerden metilprednizolon en sık kullanılan ve kabul gören ajandır.^[12,13] Son yıllarda yapılan meta-analizlerde travma sonrası ilk sekiz saatte metilprednizolon kullanımının etkili olduğu görülmüştür.^[15]

Deneyisel tedavi aşamasında (rehberlere girmiş ilaçlar henüz yok) olan ajanlar; magnezyum sülfat (MgSO₄), iyon kanalları engelleyicileri (tetratodoksin, riluzol, 4-aminopiridin, nimodipin), eritropoetin, gangliyoitler gibi ilaçlardır.^[9,12,13]

Farmakolojik Olmayan Yardımcı Tedaviler

Hipotermi, hiperbarik oksijen, omurilik stimülasyonu (nöronal rejenerasyonu uyardığı gösterilmiş) ve kök hücre uygulamaları farmakolojik olmayan yardımcı tedavi yöntemleridir. Çalışma sayıları ve elde edilen kanıtı dayalı veriler sınırlı sayıdadır.^[16-18]

Cerrahi Tedavi

Cerrahi tedavide anahtar nokta omurilik basıncı; basının şiddeti ve süresi cerrahi tedavinin planlanmasında önemlidir. Tam işlev kaybıyla başvuran hastalarda dahi nörolojik fonksiyonları geri dönen olgular bildirilmiştir.^[13] Son yapılan çalışmalarda erken dekompresyon cerrahisi önerilmektedir. İlk 24 saatte yapılan dekompresyon cerrahisinin olumlu sonuçları elde edilmiştir.^[19,20]

Omurilik yaralanması olan kişilerin akut tıbbi yönetimi, omurilikte daha fazla nörolojik hasarı en aza indirmeye ve iyileşmeyi optimize etmeye odaklanır. Omurga stabilitesi önceliklidir. Bu amaçla yatak istirahati (traksiyonlu-traksiyonsuz) ve cerrahi müdahale (dekompresyon-füzyon) yöntemleri kullanılır. Aynı zamanda hastaların kan basıncı, dolaşım, solunum, mesane ve bağırsak bakımı, nütrisyon düzeyleri ve vücut ısılarının korunmasına yönelik müdahaleler erken dönemden itibaren gerçekleştirilmelidir. Ayrıca bu dönemde solunum komplikasyonları tedavi edilmeli immobilizasyona bağlı oluşabilecek sekonder komplikasyonlar; derin ven trombozu, bası yarası, kontraktür vb. önlenmelidir. Omurilik yaralanması sonrası rehabilitasyon programı hasta diğer yaralanmaları sonrası stabil olur olmaz başlanmalıdır.

Akut Dönem Rehabilitasyon Uygulamaları

Omurilik hasarı olan hastalar interdisipliner yönetilmelidir, servislere kabulden sonraki ilk 72 saatte fizik tedavi ve rehabilitasyon bölümü görüşü alınmalıdır. En önemli hayati fonksiyonların başında solunum fonksiyonu gelir. T12 seviyesi üzerindeki tüm hastalar inspiratuvar ve ekspiratuvar kasların paralizisi ve otonomik disfonksiyon nedeniyle seviye yükseldikçe artan oranda solunum komplikasyonu geliştirirler.^[21,22]

Bu dönemde komplikasyonlarla mücadele edilir.

Hastanın;

- Spinal şok
- Solunum şekli-entübasyon
- Monitörizasyon
- Nörolojik seviye takibi
- AIS skoru belirlenir
- Ek travmalar; hemopnömotoraks, fraktürler, kafa travması, periferik sinir yaralanması
- Komorbid hastalıklar
- Klinik fonksiyonel durum takip edilmeli
- Sistemlerin muayenesi
- Cerrahi-medikal tedavilerin düzenlenmesi
- Nutrisyonel değerlendirme, beslenme yolu
- Mesane kateterizasyonu
- Korse kullanımı
- Komplikasyonların kaydedilmesi gerekir.^[23]

İmmobilizasyonun önlenmesi amaçlı tolere edilebildiğince vertikalizasyon sağlanmalı (yatak-yatak kenarı-yatak dışı-tekerlekli sandalye-ayakta durma), mobilizasyon (günlük en az 30 dk), transferlerin öğretilmesi akut dönemden itibaren başlanmalıdır. Ortez-adaptif *splint*ler-asistif cihazlara erken dönemde başlanmalıdır.

Komplikasyonların önlenmesi;^[23,24]

- Kontraktürlerin önlenmesi için uygun pozisyonlama ve ortez kullanımı, kontrendikasyon yoksa eklem hareket açıklığı (EHA) egzersizlerine başlanmalı.
- Basınç ülserlerinin önlenmesi için pozisyonlama ve iki saatte bir pozisyon değişimi, havalı yatak kullanımı (ilk dört hafta önemli).
- Ortostatik hipotansiyonun önlenmesi için erken vertikalizasyon, baş-gövde 20° fleksiyonda yatış, beslenme, sıvı tuz alımı dengesi, kompresyon çorapları,

yüksek seviyeli yaralanmalarda abdominal korse, alt ekstremitelere soğuk ve elektrik stimülasyonu uygulamaları, kademeli tilt masası.

- Derin ven trombozu profilaksisi; ilk 72 saate başlanmalı mobilizasyon durumuna göre 3-6 ay boyunca devam edilmeli.
- Solunum sisteminde, solunum kas güçleri ölçümü, diyafram fonksiyonları değerlendirilmeli, sekresyon, atelektazi ve hipoventilasyonun önlenmesi, trakeostomi bakımı, bronkodilatatör tedavi, O₂ desteği, mekanik ventilatör kullanımı/ayırımı, manuel öksürük, postüral drenaj, bronşiyal hijyen manevraları, yüksek frekanslı göğüs duvarı ossilatörü, trakeal aspirasyon, solunum kasları kuvvetlendirilmesi gibi pulmoner rehabilitasyon basamakları takip edilmelidir.
- Mesane ve bağırsak bakımı
- Erken dönemde nosiseptif-nöropatik ağrı tedavisi, emosyonel bilinç ve bilişsel durumun yakın takibi, sosyal iletişimin artırılması.

Omurilik Yaralanmalı Hastalarda Rehabilitasyon Uygulamaları

Omurilik yaralanmalı hastaların rehabilitasyonundaki ana hedefimiz hastanın günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlığını en üst düzeye ulaştırmak, sekonder komplikasyonları önlemek, yaşam kalitesini arttırmak ve hastanın sosyal hayata tekrar uyumunu sağlamaktır.

Deprem ilişkili OY rehabilitasyonunda da amaç; komorbid patolojilerin tedavisiyle birlikte hastanın fiziksel bağımsızlığını en üst düzeye çıkarmak, yaşam kalitesini arttırarak hastayı üretken ve yaşına uygun sosyal rolleri üstlenen bir birey hâline getirmektir. Hastanın beklentilerini ve ulaşılacak hedefleri belirlemek, takip ve tedavi motivasyonunu önemli derecede etkiler.

Rehabilitasyon erken dönemde başlamalı, komplikasyonlar önlenmeli, kronik dönemde fonksiyonel hedefler belirlenmeli hasta ve hasta yakını bu konuda bilgilendirilmelidir. Rehabilitasyon interdisipliner yaklaşım gerektiren bir iştir. Bu ekibin üyeleri hasta ve ailesi, fizik tedavi ve rehabilitasyon uzman hekimi, fizyoterapist, iş uğraşı terapisti, hemşire, sosyal hizmet uzmanı, ortotist, diyetisyen, gerekli durumlarda diğer branşlardan (ortopedist, nöroşürüji uzmanı, ürolog, plastik cerrah, dahiliye uzmanı, psikiyatrist gibi) uzman hekimlerdir.

Hastanın fonksiyonel hedeflerini belirlerken AIS seviyesi, yaşı, medikal durumu, eşlik eden hastalıkları, hastanın ve ailenin motivasyonu göz önüne alınmalıdır (Tablo 1,2).^[23]

Tablo 1. Komplet omurilik yaralanma seviyesi ve hedeflenen fonksiyonel durum^[23]

- C2-3: GYA tam bağımlı, yapay solunum cihazına gereksinim duyar.
- C4: GYA'da tam bağımlı, dil, çene veya pnömatik kontrollü motorlu TS kullanılabilir.
- C5: Özel gereçlerle GYA'yı yapabilir, el kontrollü motorlu TS kullanılabilir.
- C6: Tenodezisle elde kavrama vardır, topuz tutamaklı TS, el kumandalı akülü sandalye kullanılabilir.
- C7: Transferlerde bağımsızdır, rampa inme çıkma hariç TS kullanılabilir.
- C8-T1: GYA'de bağımsız, TS kullanılabilir.
- T2-10: GYA, mesane ve bağırsak bakımını bağımsız olarak yapabilir, transferlerde bağımsızdır, bilateral KAFO ile ayakta durma ve terapötik ambulasyon.
- T11-L2: GYA, mesane ve bağırsak bakımı, transferlerde bağımsız uzun bacak yürüme cihazı ve koltuk değneğiyle ev içi ambulasyon, dışarıda ambule olabilir/olamayabilir.
- L3-S3: GYA, mesane ve bağırsak bakımı, transferlerde bağımsız, kısa bacak yürüme cihazı ve ön kol değneğiyle toplum içi ambulasyon.

GYA: Günlük yaşam aktiviteleri; TS: Tekerlekli sandalye, KAFO: Diz ayak bilek ayak ortezi (*Knee ankle foot orthesis*).

Rehabilitasyon Süreci

- Pozisyonlamayla başlar; omuzlar abdüksiyonda, dirsekler ve el bileği ekstansiyonda, parmaklar semifleksiyonda ve baş parmak oppozisyonda tutulmalıdır. Alt ekstremitede ise kalçalar ekstansiyonda

ve 10° abdüksiyonda, dizler ekstansiyonda ayak-ayak bileği dorsifleksiyonda tutulmalıdır. Pozisyonların sağlanması için kum torbaları, destek yastıkları ve istirahat *splint*leri kullanılabilir.

- Kontraktürlerin ve kas atrofisinin önlenmesi için EHA egzersizleri erken dönemden itibaren günde 1-2 kez uygulanmalıdır. Germe, kuvvetlendirme ve endurans (dayanıklılık) egzersizleri tedavi programına eklenmelidir.
- Denge kaybının önlenmesi ya da yeniden elde edilmesi amaçlı denge koordinasyon ve postur egzersizleri.
- Mobilite egzersizleri (yatak içi dönme, supinden oturma pozisyonuna gelme), oturma dengesi olmayan hastada yatak başı kademeli kaldırılmalıdır. Oturma dengesi kazanıldıktan sonra TS'ye transfer, ayakta durma egzersizleri uygulanır. Transferler bağımsız değilse transfer tahtası kullanılır, transfer eğitimi ayrıca banyo, tuvalet, araba gibi günlük yaşama da uyarlanır.
- Oturma dengesi sağlayan hastada ayakta durma ve yürüme egzersizlerine geçilir. Yaş, boy, yaralanma düzeyi, spastisite, motivasyonuna göre ambulasyon terapötik, ev içi ya da toplumsal olabilir.^[24]
- T10 ve üzeri hastalar *walker* ve KAFO'lar ile terapötik ambule olurken, T11-L2 seviyeli hastalar ev içi, L2 altı hastalar toplum içi ambule olabilir.^[25]

Tablo 2. Periferik sinir yaralanmasında Seddon ve Sunderland sınıflaması^[33]

Seddon sınıflaması	Nöropraksi	Aksonotmezis	Aksonotmezis	Aksonotmezis	Nörotmezis	
Sunderland sınıflaması	Evre 1	Evre 2	Evre 3	Evre 4	Evre 5	Evre 6
Neden	Lokal iskemi traksiyon hafif ezilme, kompresyon	Sinirde ezilme, baskı	Sinirde ezilme, baskı	Sinirde ezilme, baskı	Sinir laserasyonu ve transeksiyonu	Kesici alet ateşli silah yaralanmaları, kapalı traksiyon hasarı
İyileşme	Tam Saatler-birkaç hafta	Tam Haftalar-aylar	Kısmi, değişken Aylar	Kısmi, değişken Yaralanmaya ve tedaviye bağlı olarak aylar-yıllar	Kısmi Aylar-yıllar	Kısmi Aylar-yıllar
Patofizyoloji	Akson ve bağ doku sağlam Sinir ileti bloğu	Aksonlarda Bölünme+, Tüm bağ doku katmanları sağlam	Miyelin kılıf ve endonöral tabaka bağlantısı kesilir.	Miyelin kılıflı akson, endonöryum ve perinöryum bağlantısı kesilmiş.	Miyelin kılıflı akson, endonöryum, perinöryum ve epinöryum bağlantısı kesilmiş.	Mixt yaralanma Tüm dereceleri içeren

- Ambulasyon eğitimi sırasında öncelikle hasta tilt taktisiyle kademeli olarak dik pozisyona kaldırılır. Dik durmayı tolere eden hasta paralel barda cihazlarıyla (KAFO) ayakta durma, denge koordinasyon ve yük aktarımı çalışır.^[26,27]
- Pelvik kontrolü sağlayabilen hasta el destekleri ve ortezleriyle paralel bar dışında ambulasyon çalışabilir.
- Hedefimiz hastanın en güvenli ve en az enerji harcayacak şekilde ambulasyonudur.
- Teknolojinin gelişmesiyle birlikte fonksiyonel elektrik stimülasyonu kombine hibrid cihazlar ve bireysel robotik yürüme cihazları geliştirilmektedir. Robotik rehabilitasyon da bu hastalarda son yıllarda sıklıkla kullanılmaktadır. Hastalarda alt ve üst ekstremitelerde çalıştırılmakla birlikte yürüme eğitimi sağlamaktadır.
- Elektrik stimülasyonu (çalışmaların sonuçları tartışmalı olsa da) hem periferik sinir uyarımı hem de kas atrofisini önlemek amaçlı kullanılmaktadır.
- Fonksiyonel elektrik stimülasyonunun (FES); el kavraması, yürüme, mesane kontrolü, dekübit ülserlerinin iyileşmesine ve kardiyovasküler sistem üzerine olumlu etkileri olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur.^[12]
- İş uğraşı terapisi hastalar GYA'da temel ihtiyaçlarını sağladıktan sonra hastanın kalan hayatını üretken ve sosyal geçirmesi için çözümler arayan ve sunan bir rehabilitasyon alanıdır.^[13]

DEPREM İLİŞKİLİ PERİFERİK SİNİR YARALANMASI

Depremle ilişkili farklı yaralanma türleri arasında, periferik sinir yaralanması (PSY), morbidite ve uzun dönem sakatlığın en önemli nedenlerinden biridir.^[28,29]

Deprem ilişkili yaralanmalar çoğunlukla ezilme (*crush*) sendromu, fraktürler, enfeksiyonlar ve rabdomyolizle ilişkilidir.^[30-32]

Depremle ilgili PSY, günlük yaşamda meydana gelen kazalarla ilişkili PSY'den farklıdır. Kazalara bağlı PSY ile karşılaştırıldığında, depremle ilişkili PSY insidansının daha yüksek olması ekstremitelerin ezilmesi ve kırılmasına bağlı ekstremitelerde birden çok PSY'ye sahip olması nedeniyle, depremle ilişkili PSY'yi yönetmek genellikle zordur.

Deprem sırasında yaralanmış hastalar değerlendirilirken PSY gözden kaçabilir. Kompleks çoklu travma geçiren hastalarda PSY genellikle hasarın bir bölümünü oluşturur. Sinirler sıkışma, ezilme, kopma gibi çeşitli yollarla hasarlanır. Depremde yaralanan hastalarda tek başına PSY oluşması nadirdir ve genellikle kırıkların eşlik ettiği çoklu yaralanmalar görülmektedir.

Periferik sinir yaralanmasında sık görülen oluşum mekanizmaları; kompresyon, laserasyon ve traksiyon/gerilmedir. Kompresyon; bina çökmesi sonucu göçük altında kalan vücut kısımlarının ezilmesi ya da kırığa bağlı gelişen kompartman sendromu sonrası ekstremitelerde sinir kompresyonu gelişir. Sinir laserasyonu veya kesisi moloz yığınlarının düşmesine bağlı kopmalar ya da cerrahiler sırasında gelişebilen komplikasyonlar neticesinde ortaya çıkan tablolardır. Traksiyon/gerilme bina çökmesi sonrası dar bir alandaki veya göçük altındaki bir kişinin uzvunun başka birey tarafından çekilmesine bağlı gelişen sinir yaralanması mekanizmasıdır.

Periferik Sinir Yaralanması Sınıflandırılması

Periferik sinir yaralanmaları ciddiyetine bağlı olarak Sunderland ve Seddon tarafından farklı derecelerde sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma şeması, klinisyenlerin sinir patofizyolojisini etkili bir şekilde anlamasına ve uygun tedaviyi belirlemesine yardımcı olur. Sunderland ve Seddon tarafından belirlenmiş iki sınıflama sistemi vardır (Tablo 2).^[33] Seddon PSY'lerini demyelinizasyon varlığı ve akson hasarı düzeyine göre üç dereceye sınıflamıştır. Sunderland ise periferik sinirdeki bağ dokunun birkaç tabakasının devamlılık durumunu baz alarak alt sınıflamalar yapmıştır.^[34,35]

İyileşme süresini ve derecesini öngörmek için sinir hasarının seviyesini anlamak gereklidir.

Nöropraksi: Genellikle kompresyona ya da traksiyona bağlı oluşur, sinirin belirli bir bölümü boyunca segmental demyelinizasyondan kaynaklanan bir iletim bloğu olarak karakterize edilir, sinirde kalıcı hasar yoktur. Hastada tam olmayan ya da tam paralişi olabilir, kontrol muayenesi gerekir. Sinirde tam iyileşme potansiyeli vardır ve hareket ve duyu iyileşmesiyle birlikte iletim yine normalleşir (ortalama sekiz hafta).

Aksonotmezis: Aksonal hasar ve bunun sonucunda ortaya çıkan Wallerian dejenerasyonu söz konusudur. İyileşme daha yavaştır. İleri vakalarda tedavide cerrahi yaklaşım gerekebilir.

Nörotmezis: Genellikle laserasyona bağlı oluşur. Sinir tam etkilenmiştir ve hastada tam paralişi ve duyu kaybı mevcuttur. Duyu ve motor fonksiyonların iyileşmesi için tedavisinde cerrahi yaklaşım gereklidir.^[35,36]

Rejenerasyon Süreci

Periferik sinir yaralanması sonrası sinir iyileşmesi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bunlar yaralanmış sinirin lokalizasyonu, tipi ve beraberinde hasta ilişkili faktörlerdir. Hastanın yaşı, yaralanma süresi iyileşme kapasitesini olumsuz etkiler.^[37]

Rejenerasyondaki kritik faktör Wallerian dejenerasyon sürecidir. Bu süreç 48 saat içinde başlar ve genellikle motor aksonlar için 7-9. günlerde ve duyuşal sinirler için 11-12. günde tamamlanır.^[34] Wallerian dejenerasyonun varlığı, nöropraksik ile aksonal yaralanmaları ayırt etmeyi sağlar; elektrodiagnostik çalışmalar bu dönemden sonra yapılabilir.

Genel olarak kabul edilen üç onarım mekanizması vardır; remiyelinizasyon, kollateral filizlenme ve akson yeniden büyümesi.^[37,38]

Nöropraksik lezyonlarda Schwann hücrelerinin çoğalıp yeni miyelin yapmalarına kadar geçen süre ortalama 3-4 aydır. Parsiyel aksonal hasarlar aksonal filizlenmeyle 6-8 aya kadar iyileşebilir.^[38]

Komplet lezyonlarda aksonal filizlenme ve aksonun yeniden büyümesiyle yaklaşık 1 mm/gün olacak şekilde gerçekleşir. Bu hız hasta yaşı, yaralanma mekanizması, yaralanmanın sinir hücresine uzaklığıyla değişiklik gösterebilir. Rapor edilen en hızlı rejenerasyon hızı proksimal ekstremitelerde ve genç hastalarda tespit edilmiştir.^[39,40]

Periferik Sinir Yaralanması Tanısı, Elektrodiagnostik Değerlendirme

Periferik sinir yaralanmalarında en spesifik ve sensitif değerlendirme yöntemi elektrodiagnostik (ED) incelemesidir.

Elektrodiagnostik incelemeler, sinir ileti çalışmaları (SİÇ) ya da elektromiyografik (EMG) incelemelerden oluşur. Yaralanma sonrası geçen süreye bağlı yaralanan sinirde dejenerasyon ve kas dokuda denervasyon bulguları elde edilebilir.

Elektrodiagnostik incelemenin temel amacı, sinir hasarının patofizyolojisini aksonal veya demiyelinizan yapıya göre sınıflandırmak ve ayrıca hasarın yerini, derecesini ve prognozunu belirlemektir. Aynı zamanda tedavinin verilmesinde de önemlidir.

Yaralanmadan sonraki bir hafta içinde yapılan elektrodiagnostik incelemeler yaralanma lokalizasyonu hakkında bilgi verirken hasarın derecesi ve prognozu hakkında elde edilecek bilgi kısıtlıdır. İlk 1-2 hafta Wallerian dejenerasyon süreci devam ettiği için prognoz açısından doğru bilgi vermeyebilir. Yaralanmadan 2-4 hafta sonra remiyelinizasyon gelişimiyle duyuşal ve motor aksiyon potansiyelleri elde edilmeye başlanır. Reinnervasyon bulguları hedef kasın uzaklığına bağlı değişmekle 2-3 aydan sonra ortaya çıkamaya başlar. Akson büyümesinin ilk işareti, küçük, polifazik motor ünite potansiyelleridir.^[37,41]

Deprem sonrası PSY'li olgularda dikkat edilmesi gereken nokta eşlik eden çoklu yaralanmaların neden olduğu lezyon bölgesindeki, hematoma, kemik fragmanları, skar

dokusu ve cerrahi implantlar nedeniyle, EMG'nin genellikle sinir tutulumunun spesifik bölgesi hakkında güvenilir veri sağlamayabileceğidir. Ayrıca kompartman sendromu ve fasyatomili hastalarda yaralanma sonrası 2-3. haftada yapılması gereken EMG ödem ve kas dokusu kayıpları nedeniyle işlemin uygulanması mümkün olmayabilir veya sinir iletimi elde edilemeyebilir. Periferik sinir yaralanmasını saptamak için görüntüleme yöntemleri arasında manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve ultrasonografi (US) yer alır.^[42,43] Manyetik rezonans görüntüleme pahalı ve erişimi afet bölgelerinde kısıtlı olduğundan son yıllarda US, birincil olarak yüksek çözünürlüğü ve ayrıca kolay taşınabilirliği ve tüm sinirin anatomik seyri boyunca değerlendirilebilmesi nedeniyle periferik sinirin durumunu değerlendirmede sık kullanılmaya başlanmıştır. Kas iskelet sistem ultrasonografisiyle periferik sinirlerin faskül, perinöryum, epinöryum ve çevre dokuları deneyim ve pratik kazanıldıkça değerlendirilebilmektedir.^[42]

Periferik Sinir Yaralanmalı Hastanın Klinik Değerlendirilmesi

a. Subjektif değerlendirme:

Yaralanma öyküsü ve hastanın tıbbi öz geçmişi sorgulanmalı, fonksiyon kayıpları belirlenmeli, iğnelenme, karıncalanma, uyuşma ve azalmış duyu gibi duyuşal semptomlar sorgulanmalıdır.

Ağrı düzeyi belirlenmeli ve tedavi edilmelidir. Tedavide kullanılan başlıca ilaçlar amitriptilin, gabapentin ve pregabalindir.^[44] Bu ajanların analjezik etkilerinin ortaya çıkmasının zaman alabildiği akıld tutulmalıdır. Ağrı düzeyi vizüel analog skalanın (VAS) ile 0 ile 10 arasında skorlanarak belirlenir.

b. Objektif değerlendirme:

Duyusal değerlendirme: Duyusal sinirler genelde ilk hasarlanan kısımdır. Muayenenin tam yapılmasının güç olduğu multipl kırık veya eksternal fiksator varlığı gibi durumlarda duyuşal değerlendirme sinir hasarı için hızlı bir inceleme sağlayabilir. Üst ve alt ekstremitelere yönelik duyuşal dermatomal değerlendirme öncelikle yapılmalıdır.^[44]

Motor değerlendirme: Ağır PSY'lerde yaralanma sonrası 72. saatte kas atrofisi başlar, ciddi kas güçsüzlüğü görülür. Kas güçleri Oxford Kas Gücü Değerlendirme Skalası ile tespit edilir. Etkilenen bölgenin distali ve proksimalindeki EHA'lar not edilir. Alt ekstremitelerde PSY'leri için hastanın yürümesi değerlendirilir. Anormal yürüme paternleri eşlik edebilir. Ayrıca periferik nabızlar da kontrol edilmelidir.^[44] Tablo 3'te sık görülen periferik sinir yaralanmaları ve bunların klinik bulguları belirtilmektedir.

Tablo 3. Sık görülen sinir yaralanmaları ve klinik bulguları^[44]

Sinir	Etkilenen kas/hareket	Muayene bulgusu
Aksiller sinir; Sıklıkla omuz kırığı ve dislokasyonunda etkilenir.	Deltoid	Omuz 90°'de dirençli abdüksiyon yapamaz/sürdüremez.
Uzun torasik sinir	Serratus anterior	İstirahat hâlinde skapula omurgadan uzaklaşır. Hareket sırasında skapular kanatlaşma izlenir.
Muskulokütanöz sinir	Biseps	Dirsek fleksiyonu yapamaz.
Ulnar sinir	Dirsek altı seviye; Fleksör digitorum profundus Fleksör carpi ulnaris El bilek seviyesi; Hipotenar İnterosseöz Abdüktor pollicis brevis	Ön kol fleksiyonunda zorlanma olur İkinci ve üçüncü parmakları üst üste getiremez.
Radial sinir; humerus kırıklarında sık görülür.	Triseps El bilek ve parmak ekstansörleri	Düşük el (Şekil 2)
Median sinir; suprakondiler humerus kırıklarında sık görülür.	Dirsek seviyesinde lezyon; Fleksör pollicis longus Fleksör digitorum superficialis El bilek seviyesi; Tenar kaslar	“OK” ve çimdik (PINCH) testi
Gluteal sinir	Gluteus medius kası	<i>Terndelenburg</i> yürüyüşü
Femoral sinir; kalça, pelvis ve asetabular kırıklarda sık	Kuadriseps kası	Diz ekstansiyonu yapamaz, merdiven inip-çıkma zorlanır.
Tibial sinir	Gastrokinemius	Parmak ucu yürüyemez.
Peroneal sinir; Diz travmaları veya fibula başı kırıklarında	Tibialis anterior	Topukta yürüyemez.

**Şekil 2.** Üst ekstremite kompartman sendromu, dorsal ve volar yüzden fasyotomi açılmış iki hasta, radial sinir hasarına bağlı düşük el tablosu.**Hasta takibinde dikkat edilmesi gerekenler**

Periferik sinir yaralanmalı hastalarda iyileşmeyi etkileyen birtakım faktörler mevcuttur. Hastalarda diyabet varlığı, yanık, sigara kullanımı ya da beslenme bozukluğu olması iyileşmeyi olumsuz yönde etkiler. Hastalar bu açılardan da ayrıntılı değerlendirilmeli, gerekli önlemler alınmalıdır. Ayrıca takipte gelişebilecek komplikasyonlara karşı da dikkatli olunmalı, hasta ve hasta yakınları bu konuda bilgilendirilmelidir. Görülebilecek sekonder komplikasyonlar; şişlik, kontraktür, bası yarası, yanık/laserasyon, nöroma, ağrı ve hipersensitivite, geç yara iyileşmesi ve fonksiyon kaybıdır.

Periferik sinir yaralanmalı hastaların takibinde dikkat edilmesi gereken kırmızı bayraklar mevcuttur.

- Kompartman sendromu
 - Kızarıklık, sıcak ve şiş ekstremite
 - Pasif eklem hareketi ile artan şiddetli ağrı yakınması

- Derin ven trombozu veya pulmoner emboli
 - Kızarıklık, sıcak ve şiş ekstremiteler, nabız yokluğu
 - Hastanın istirahat halinde ağrı ve nefes darlığı yakınması
- Tanı almamış veya immobilize edilmemiş stabil olmayan kırık
 - Şiddetli ağrı yakınması olan hastada; eklemden dizilim bozukluğu, anormal kemik hareketi veya şekline dikkat edin.^[44]

Periferik Sinir Yaralanması Tedavi Yaklaşımları

Cerrahi tedaviler

Periferik sinir yaralanmalarında yaralanma laserasyon kaynaklı ise mikrocerrahi anastomoz, gerimsiz epinöral suture veya otolog sinir greft uygulaması gibi cerrahi tedaviler öncelikli seçenekler arasındadır. Ancak hiçbirisi tam bir fonksiyonel iyileşme için yeterli değildir.^[43,45] Sinir iyileşmesi sürecine yönelik çeşitli deneysel tedavi stratejileri mevcuttur. Bunlar çeşitli ilaç uygulamaları, elektrik stimülasyonu, hücre bazlı tedaviler ve kök hücre tedavileridir.^[46]

Cerrahi dışı tedavi yaklaşımları

Farmakolojik tedaviler

Son yıllarda yapılan çalışmalarda birkaç ajanın, periferik sinirlerde miyelinizasyonu teşvik ederek sinir rejenerasyonunu iyileştirmek için deneysel olarak potansiyel adaylar olduğu bildirilmiştir.

Bunlar; steroid hormonları (östrojen ve progesteronun nöroprotektif olduğu ve miyelinizasyonu destekledikleri bilinmektedir), eritropetin, 4-aminopiridin'dir. Rutinde kullanımları sık değildir.^[47,48]

Elektrik stimülasyonu

Elektriksel stimülasyon (ES), periferik sinir yaralanmasının ardından kas atrofisini önlemek ve muhtemel nörojenik iyileşmeye fonksiyonel destek sağlaması açısından umut verici farmakolojik olmayan tedavi yaklaşımlarından biridir.^[49]

Periferik Sinir Yaralanmalarında Rehabilitasyon Uygulamaları

Egzersiz tedavisi

Tedavide amaç hastanın mümkün olan maksimum fonksiyonel bağımsızlığa kavuşmasıdır. Bunun için öncelikle etkilenen dokuda eklem hareket açıklığının sağlanması, etkilenen sinirde aşırı gerilmeye ve traksiyona neden olabilecek hareket ve pozisyonlardan kaçınmak önemlidir. Nöropatik ağrının azaltılması gereklidir.

- Uygun analjeziyle kontraktürü önlemek için etkilenen tarafı (günde 4-6 kez) aktif ve pasif eklem hareket açıklığı egzersizleri yaptırın. Yakın zamanda geçirilmiş rekonstrüktif operasyon veya anstabil kırık gibi bir kontrendikasyon varsa mobilizasyondan kaçınin.
- Daha fazla nöral hasarı önlemek, ağrıyı azaltmak ve eklem dizilimini korumak için etkilenen bölgeyi atelle destekleyin.
- Nöral mobilizasyon sinirler hareketli dokulardır ancak parestezi (karıncalanma hissi) oluşturacak kadar gerilmemelidir. Ekstremiteleri mobilize ederken, yumuşak hareketlerle nazik germeler yapılmalıdır.
- Yük verme-kırıklar stabil hâle geldiğinde, fikse veya immobilize edildiğinde, motor kontrolü ve nöral yolları uyarmak için hem kolda hem bacakta mümkün olan en kısa sürede yük vermeye başlanmalıdır.
- Elektrik stimülasyonu/elektroterapi PSY tedavisinde kullanılabilir.

Splint uygulamaları

Atellemenin amaçları arasında yaralı dokuların korunması, iyileşme ortamının sağlanması, kontraktür oluşumunun önlenmesi veya en aza indirilmesi, kaybedilen motor fonksiyonun kompanse edilmesi ve fonksiyonel günlük aktivitelerin kolaylaştırılması ve geliştirilmesine katkı sağlar.

İyileşmenin akut evresinde kontraktür gelişimini önler, fonksiyona yardımcı olur.

Sık görülen PSY'de kullanılan atel tipleri şöyledir;

- Brakiyal pleksus yaralanması durumunda kolun ağırlığını almak için kol askısı
- Ulnar sinir lezyonlarında parmakların pençeleşmesini önlemek için parmak ateli
- Median sinir lezyonlarında başparmağı oppozisyonunda tutmak için *splint*
- Radyal sinir lezyonlarında el bileğini ekstansiyonda, metakarpofalangeal eklemleri fleksiyonda, parmakları ekstansiyonda tutacak statik *splint*. Şekil 3'te kliniğimizde takip ettiğimiz radyal sinir hasarı olan hastamızın el-el bilek statik istirahat *splinti* görülmektedir.
- Siyatik ve peroneal sinir lezyonlarında ayağı dorsifleksiyonda tutmak için ayak-ayak bilek istirahat atelleri (PAFO). Şekil 4'te kliniğimizde takip ettiğimiz peroneal sinir hasarı olan hastamızın ayak- ayak bilek istirahat ateli (ortezi) görülmektedir.



Şekil 3. Radial sinir hasarlı hastamızın statik el, el bilek splinti.



Şekil 4. Peroneal sinir yaralanması olan hastamızın plastik ayak, ayak bilek istirahat moldu (PAFO) ve uygulaması.

KAYNAKLAR

- World Health Organization. Earthquakes - technical hazard sheet - natural disaster profile. 2016. Erişim adresi: <http://www.who.int/hac/techguidance/ems/earthquakes/en/>. Erişim tarihi: 15 Ağustos 2016.
- Gosney JE, Reinhardt JD, von Groote PM, Rathore FA, Melvin JL. Medical rehabilitation of spinal cord injury following earthquakes in rehabilitation resource-scarce settings: Implications for disaster research. *Spinal Cord* 2013;51:603-9. **Crossref**
- Gautschi OP, Cadosch D, Rajan G, Zellweger R. Earthquakes and trauma: Review of triage and injury-specific, immediate care. *Prehosp Disaster Med* 2008;23:195-201. **Crossref**
- World Health Organization. International perspectives on spinal cord injury. 2013. Erişim adresi: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94190/1/9789241564663_eng.pdf. Erişim tarihi: 17 Ağustos 2016.
- Rathore MFA, Rashid P, Butt AW, Malik AA, Gill ZA, Haig AJ. Epidemiology of spinal cord injuries in the 2005 Pakistan earthquake. *Spinal Cord* 2007;45:658-63 **Crossref**
- Craig A, Tran Y, Middleton J. Psychological morbidity and spinal cord injury: A systematic review. *Spinal Cord* 2009;47:108-14. **Crossref**
- Migliorini C, Sinclair A, Brown D, Tonge B, New P. Prevalence of mood disturbance in Australian adults with chronic spinal cord injury. *Intern Med* 2015;45:1014-9. **Crossref**
- Somers MF. *Spinal Cord Injury: Functional Rehabilitation 3rd edn.* Julie Levin Alexander: Boston, USA. 2010.
- New PW, Townson A, Scivoletto G, Post MW, Eriks-Hoogland I, Gupta A, et al. International comparison of the organisation of rehabilitation services and systems of care for patients with spinal cord injury. *Spinal Cord* 2013;51(1):33-9. **Crossref**
- Kessler TM, Traini LR, Welk B, Schneider MP, Thavaseelan J, Curt A. Early neurological care of patients with spinal cord injury. *World J Urol* 2018;36(10):1529-36. **Crossref**
- Fehlings MG, Tetreault LA, Wilson JR, Kwon BK, Burns AS, Martin AR, et al. A clinical practice guideline for the management of acute spinal cord injury: Introduction, rationale, and scope. *Global Spine J* 2017;7(35):84S-94S **Crossref**
- Kirshblum SC, Priebe MM, Ho CH, Scelza WM, Chiodo AE, Wuermser LA, Spinal cord injury medicine. 3. Rehabilitation phase after acute spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2007 Mar;88(3 Suppl 1):S62-70. **Crossref**
- Consortium for Spinal Cord Medicine, Early acute management in adults with spinal cord injury: a clinical practice guideline for health-care professionals, *J Spinal Cord Med* 2008;31(4):403-79 **Crossref**
- Rupp R, Sørensen FB, Burns SP, Graves DE, International standards for neurological classification of spinal cord injury: Revised 2019. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2021;27(2):1-22, **Crossref**
- Berly M, Shem K. Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2007;30:309-18. **Crossref**
- Alkatie S, Boileau AJ. The role of therapeutic hypothermia after traumatic spinal cord injury--a systematic review. *World Neurosurg* 2016;86:432-49. **Crossref**
- Sun L, Zhao L, Li P, Liu X, Liang F, Jiang Y, et al. Effect of hyperbaric oxygen therapy on HMGB1/NF-κB expression and prognosis of acute spinal cord injury: A randomized clinical trial. *Neurosci Lett* 2019;692:47-52. **Crossref**
- Chari A, Hentall ID, Papadopoulos MC, Pereira EA. Surgical neurostimulation for spinal cord injury. *Brain Sci* 2017;7(2):18. **Crossref**
- El Tecle NE, Dahdaleh NS, Hitchon PW. Timing of surgery in spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(16):E995-E1004. **Crossref**
- Lee DY, Park YJ, Kim HJ, Ahn HS, Hwang SC, Kim DH. Early surgical decompression within 8 hours for traumatic spinal cord injury: Is it beneficial? A meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2018;52(2):101-8. **Crossref**
- Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of spinal cord injury on the respiratory system: basic research and current clinical treatment options. *J Spinal Cord Med* 2007;30(4):319-30. **Crossref**
- Gundogdu I, Ozturk EA, Umay E, Karahmet OZ, Unlu E, Cakci A. Implementation of a respiratory rehabilitation protocol: Weaning from the ventilator and tracheostomy in difficult-to-wean patients with spinal cord injury. *Disabil Rehabil* 2017;39(12):1162-70. **Crossref**
- Gündüz B, Turna I, Rehabilitation of the patient with spinal cord injury, *TOTBİD Dergisi* 2018; 17:581-591 **Crossref**
- Sirzai H. Spinal kord yaralanmalarında rehabilitasyon. *Türkiye Klinikleri Dergisi, FTR Özel Sayısı*, 2011;4(2):45-5.

25. Kirschblum SC, Brooks M. Rehabilitation of Spinal Cord Injury in Physical Medicine and Rehabilitation, Principle and Practice, Philadelphia, lipincott Williams&Wilkins, 2005:1715-51.
26. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor training for walking afterspinal cord injury. Spine (Phila Pa 1976). 2008;33(21):E768-77. [Crossref](#)
27. Omurilik Yaralanmalarında Rehabilitasyon, Arpacioğlu O, Ozcan O Editör. Omurilik yaralanmaların rehabilitasyonu, Ankara Gata Basimevi, 1997;1:179-200.
28. Uzun N, Savrun FK, Kiziltan ME. Electrophysiologic evaluation of peripheral nerve in-juries in children following the Marmara earthquake. J Child Neurol 2005;20(3):207-12. [Crossref](#)
29. Ahrari MN, Zangiabadi N, Asadi A, Sarafi Nejad A. Prevalence and distribution of peripheral nerve injuries in victims of Bam earthquake. Electromyogr Clin Neurophysiol 2006;46(1):59-62.
30. Dong ZH, Yang ZG, Chen TW, Feng YC, Chu ZG, Yu JQ, et al. Crush thoracic trauma in the massive Sichuan earthquake: Evaluation with multidetector CT of 215 cases. Radiol 2010;254(1):285-91. [Crossref](#)
31. Wang Y, Hao P, Lu B, Yu H, Huang W, Hou H, et al. Causes of infection after earthquake, China, 2008. Emerg Infect Dis 2010;16(6):974-5. [Crossref](#)
32. Smith AB, Gupta N, Strober J, Chin C. Magnetic resonance neurography in children with birth-related brachial plexus injury. Pediatr Radiol 2008;38(2):159-63. [Crossref](#)
33. Ghulam Hussain, Jing Wang, Azhar Rasul, Haseeb Anwar1, Current Status of Therapeutic Approaches against Peripheral Nerve Injuries: A Detailed Story from Injury to Recovery, Int. J. Biol. Sci. 2020; 16(1): 116-134. [Crossref](#)
34. Carroll SL, Worley SHBT. Wallerian Degeneration. Elsevier; 2017. [Crossref](#)
35. SUNDERLAND S. A classification of peripheral nerve injuries producing loss of function. Brain 1951;74(4):491-516. [Crossref](#)
36. Kaya Y, Sarikcioglu L. Sir Herbert Seddon (1903-1977) and his classification scheme for peripheral nerve injury. Childs Nerv Syst 2015;31(2):177-80. [Crossref](#)
37. Campbell WW. Evaluation and management of peripheral nerve injury. Clin Neurophysiol 2008;119(9):1951-65. [Crossref](#)
38. Sulaiman W, Gordon T. Neurobiology of peripheral nerve injury, regeneration, and functional recovery: From bench top research to bedside application. Ochsner J 2013;13(1):100-8.
39. Miller RG. AAEE minimonograph #28: injury to peripheral motor nerves. Muscle Nerve 1987;10(8):698-710. [Crossref](#)
40. Post R, de Boer KS, Malessy MJ. Outcome following nerve repair of high isolated clean sharp injuries of the ulnar nerve. PLoS One 2012;7(10):e47928. [Crossref](#)
41. Preston DC, Shapiro BE. Anatomy and Neurophysiology. Electromyography and Neuro-muscular Disorders (Third Edition). London: W.B. Saunders; 2013 p.8-18. [Crossref](#)
42. Toros T, Karabay N, Ozaksar K, Sugun TS, Kayalar M, Bal E. Evaluation of peripheral nerves of the upper limb with ultrasonography: a comparison of ultrasonographic examination and the intra-operative findings. J Bone Joint Surg Br 2009;91(6):762-5. [Crossref](#)
43. Isaacs J, Browne T. Overcoming short gaps in peripheral nerve repair: Conduits and human acellular nerve allograft. Hand (NY). 2014;9(2):131-7. [Crossref](#)
44. Lathia C, Skelton P, Clift Z, Early rehabilitation in conflicts and disasters, Early Rehabilitation of Peripheral Nerve Injuries chapter 5, 1st edition 2020; 89-113
45. Siemionow M, Brzezicki G. Chapter 8: Current techniques and concepts in peripheral nerve repair. Int Rev Neurobiol 2009;87:141-72. [Crossref](#)
46. Sullivan R, Dailey T, Duncan K, Abel N, Borlongan CV. Peripheral nerve injury: Stem cell therapy and peripheral nerve transfer. Int J Mol Sci 2016;17(12):2101. [Crossref](#)
47. Nobakhti-Afshar A, Najafpour A, Mohammadi R, Zarei L. Assessment of neuroprotective effects of local administration of 17- beta- estradiol on peripheral nerve regeneration in ovariectomized female rats. Bull Emerg Trauma 2016;4(3):141-9.
48. Chen Y, Guo W, Xu L, Li W, Cheng M, Hu Y, et al. 17β-estradiol promotes schwann cell proliferation and differentiation, accelerating early remyelination in a mouse peripheral nerve injury model. Biomed Res Int 2016;2016:7891202. [Crossref](#)
49. Mendez A, Hopkins A, Biron VL, Seikaly H, Zhu LF, Côté DWJ. Brief electrical stimulation and synkinesis after facial nerve crush injury: a randomized prospective animal study. J Otolaryngol Head Neck Surg 2018;47(1):20. [Crossref](#)