T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ

FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

KRONİK İNKOMPLET SPİNAL KORD YARALANMALI HASTALARDA ROBOTİK REHABİLİTASYONA EK FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU BİSİKLET ERGOMETRİSİNİN YÜRÜME FONKSİYONU VE ALT EKSTREMİTE FONKSİYONEL İYİLEŞME ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Zinnur Şeyda BİNGÖL

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2026

T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ

FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

KRONİK İNKOMPLET SPİNAL KORD YARALANMALI HASTALARDA ROBOTİK REHABİLİTASYONA EK FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU BİSİKLET ERGOMETRİSİNİN YÜRÜME FONKSİYONU VE ALT EKSTREMİTE FONKSİYONEL İYİLEŞME ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Zinnur Şeyda BİNGÖL

Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Merve ÖRÜCÜ ATAR

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2026

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim ve tez sürecim boyunca bilgi, deneyim ve desteklerini her zaman cömertçe paylaşan; akademik bakış açımı geliştirmemde, mesleki yolumu şekillendirmemde ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında büyük katkıları olan, sabrı, rehberliği ve güveniyle her aşamada yanımda olan saygıdeğer hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. Merve ÖRÜCÜ ATAR'a;

Uzmanlık eğitimim sürecinde akademik katkılarından ve yardımlarından dolayı başhekimimiz sayın Prof. Dr. Engin KOYUNCU'ya, anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Arif Kenan TAN'a, klinik eğitim sorumlumuz sayın Doç. Dr. Ayça URAN ŞAN'a, klinik idari sorumlumuz sayın Doç. Dr. Fatma ÖZCAN'a, kıymetli hocalarım Prof. Dr. Bilge YILMAZ'a, Prof. Dr. Eda GÜRÇAY'a, Prof. Dr. Kurtuluş KÖKLÜ'ye, Prof. Dr. Koray AYDEMİR'e, Prof. Dr. Yasin DEMİR'e, Doç. Dr. İlkay KARABAY'a, Doç. Dr. Sibel MANDIROĞLU'na, Doç. Dr. Tuğba ATAN'a, Doç. Dr. Nurdan KORKMAZ'a, Doç. Dr. Songül KESKİN KAVAK'a, Dr. Öğr. Üyesi Kutay TEZEL'e ve Dr. Öğr. Üyesi Sefa Gümrük ASLAN'a;

Uzmanlık eğitimim süresince servislerde ve polikliniklerde birlikte çalışma fırsatı bulduğum, bilgi ve tecrübelerini paylaşarak mesleki gelişimime katkı sağlayan ve birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum tüm fiziksel tıp ve rehabilitasyon uzman hekimi ablalarıma ve abilerime;

Beraber çalışmaktan mutluluk duyduğum, asistanlık sürecini paylaştıkça hafifleten ve keyifli anılar biriktirdiğim sevgili asistan hekim arkadaşlarıma;

Tez sürecim boyunca desteklerini esirgemeyen, başta omurilik hasarı hemşire ekibi olmak üzere birlikte uyum içinde çalıştığım tüm fizyoterapist, hemşire ve hastane personeline;

Bugünlere gelmemde en büyük emeği ve fedakârlığı gösteren, sevgileri ve destekleriyle her zaman yanımda olan canım anneme, babama ve kardeşlerime; Asistanlık sürecimin her anını varlığıyla daha anlamlı kılan, desteği ve anlayışıyla bu yolculuğu benim için kolaylaştıran sevgili Zeren'e;

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım…

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
KISALTMALAR v
TABLO DİZİNİ vi
ŞEKİL DİZİNİ viii
ÖZET ix
ABSTRACT xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ 1
2. GENEL BİLGİLER 3
2.1. SPİNAL KORD YARALANMASI 3
2.1.1. Tanım 3
2.1.2. Spinal Kord Anatomisi 3
2.1.3. Epidemiyoloji ve Etiyoloji 5
2.1.4. Patofizyoloji 7
2.1.5. Klinik Muayene ve Sınıflandırma 10
2.1.6. İnkomplet Yaralanma Sendromları 14
2.1.7. Spinal Kord Yaralanması Sonrası Gelişen Sekonder Komplikasyonlar 17
2.1.8. Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Fonksiyonel Değerlendirme 24
2.1.9. Spinal Kord Yaralanmasında Prognoz 25
2.1.10. Spinal Kord Yaralanmasında Rehabilitasyon 26
2.2. ROBOT YARDIMLI YÜRÜYÜŞ EGZERSİZLERİ 28
2.2.1. Robot Yardımlı Yürüyüş Eğitiminin Temelleri 28
2.2.2. Robotik Rehabilitasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması 31
2.2.3. Alt Ekstremite Rehabilitasyon Robotu (Lokomat®) 32
2.3. FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU 33
2.3.1. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu ve Temel Prensipler 33
2.3.2. Fizyolojik Etkiler ve Kas Adaptasyonları 34
2.3.3. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi 36
2.3.4. Nörofizyolojik İyileşme Mekanizmaları ve Nöroplastisite 37

3. GEREÇ VE YÖNTEM 40
3.1. ARAŞTIRMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ 41
3.2. ARAŞTIRMADAN DIŞLANMA KRİTERLERİ 41
3.3. TEDAVİ ÖNCESİ DEĞERLENDİRME 41
3.4. TEDAVİ PROTOKOLÜ 42
3.5. DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ 46
3.5.1. Alt Ekstremite Motor Skor 46
3.5.2. Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II 47
3.5.3. Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği 47
3.5.4. 10 Metre Yürüme Testi 47
3.5.5. 2 Dakika Yürüme Testi 48
3.5.6. Zamanlı Kalk ve Yürü Testi 48
3.7. İSTATİSTİKSEL ANALİZ 48
3.7.1. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması 48
3.7.2. Verilerin Analizi 49
4. BULGULAR 50
5. TARTIŞMA 62
6. SONUÇ 75
7. KAYNAKLAR 76
8. ÖZGEÇMİŞ 86
9. EKLER 88
EK-1: TEZ KONUSU ONAY FORMU 88
EK-2: GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ TEZ İNCELEME VE DEĞERLENDİRME AKADEMİK KURULU KABUL KARARI 93
EK-3: ETİK KURUL ONAY FORMU 95
EK-4: HASTALARIN BİLGİLENDİRİLDİĞİ VE RIZASININ ALINDIĞINI GÖSTERİR BELGE 97
EK-5: HASTA DEĞERLENDİRME VE TAKİP FORMU 101
EK-6: SPİNAL KORD YARALANMASINDA YÜRÜME İNDEKSİ (WISCI II) 102
EK-7: OMURİLİK YARALANMASI BAĞIMSIZLIK ÖLÇEĞİ III (OYBÖ III) 103

EK-8: ZAMANLI KALK VE YÜRÜ TESTİ..... 106
EK-9: 2 DAKİKA YÜRÜME TESTİ..... 107
EK-10: ARAŞTIRMAYA KATILAN HASTALARIN VERİ TABLOSU..... 108

KISALTMALAR

2DYT	**:**	2 Dakika Yürüme Testi
6DYT	**:**	6 Dakika Yürüme Testi
10MYT	**:**	10 Metre Yürüme Testi
ABS	**:**	ASIA Bozukluk Skalası
AEMS	**:**	Alt Ekstremite Motor Skor
ASIA	**:**	American Spinal Injury Association
DMAH	**:**	Düşük Molekül Ağırlıklı Heparin
DVT	**:**	Derin Ven Trombozu
EHA	**:**	Eklem Hareket Açıklığı
FBÖ	**:**	Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği
FES	**:**	Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu
FESBE	**:**	Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi
NF- κB	**:**	Nükleer faktör-kappa B
NMDA	**:**	N-methyl-D-aspartate
NSAİİ	**:**	Non-Steroid Antiinflamatuar İlaçlar
OYBÖ III	**:**	Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği III
PTE	**:**	Pulmoner Tromboemboli
SBÜ	**:**	Sağlık Bilimleri Üniversitesi
SCI	**:**	Spinal Cord Injury
SKY	**:**	Spinal Kord Yaralanması
SPSS	**:**	Statistical Package for Social Sciences
SSS	**:**	Santral Sinir Sistemi
TAK	**:**	Temiz Aralıklı Kateterizasyon
VKİ	**:**	Vücut Kitle İndeksi
VTE	**:**	Venöz Tromboembolizm
WISCI II	**:**	Spinal Kord Yaralanması Yürüme İndeksiII
ZKYT	**:**	Zamanlı Kalk ve Yürü Testi

TABLO DİZİNİ

Tablo 2.1. Hafif dokunma duyusunun muayenesi 12
Tablo 2.2. İğne batırma duyusunun muayenesi 12
Tablo 2.3. Motor muayenede kullanılan anahtar kaslar 13
Tablo 2.4. ASIA Bozukluk Skalası (ABS) 14
Tablo 3.1. Alt Ekstremite Motor Skor Değerlendirmesi 46
Tablo 4.1. Gruplara göre yaş, cinsiyet, boy, kilo, VKİ ve eğitim düzeylerinin dağılımı 51
Tablo 4.2. Gruplara göre olaydan itibaren geçen sürenin, etiyolojinin, lezyon seviyesinin, yardımcı cihaz kullanımının ve ABS'nin dağılımı 53
Tablo 4.3. Grupların tedavi öncesi AEMS, WISCI II, OYBÖ III toplam ve OYBÖ III Mobilite değerlerinin karşılaştırılması 54
Tablo 4.4. Grupların tedavi öncesi 10MYT, ZKYT, 2DYT değerlerinin karşılaştırılması 54
Tablo 4.5. Tedavi sonrası gruplar arasında AEMS, WISCI II, 10MYT, ZKYT, 2DYT, OYBÖ III toplam ve OYBÖ III mobilite değerlerinin karşılaştırılması 55
Tablo 4.6. Tedavi öncesi ve sonrası AEMS değerlerinin grup içi karşılaştırılması 55
Tablo 4.7. Tedavi öncesi ve sonrası AEMS değişim miktarlarının gruplar arası karşılaştırılması 56
Tablo 4.8. Tedavi öncesi ve sonrası WISCI II değerlerinin grup içi karşılaştırılması 56
Tablo 4.9. Tedavi öncesi ve sonrası WISCI II değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması 57
Tablo 4.10. Tedavi öncesi ve sonrası 10MYT değerlerinin grup içi karşılaştırılması 57
Tablo 4.11. Tedavi öncesi ve sonrası 10MYT değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması 58

Tablo 4.12. Tedavi öncesi ve sonrası ZKYT değerlerinin grup içi karşılaştırılması 58
Tablo 4.13. Tedavi öncesi ve sonrası ZKYT değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması 59
Tablo 4.14. Tedavi öncesi ve sonrası 2DYT değerlerinin grup içi karşılaştırılması 59
Tablo 4.15. Tedavi öncesi ve sonrası 2DYT değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması 60
Tablo 4.16. Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III toplam skoru değerlerinin grup içi karşılaştırılması 60
Tablo 4.17. Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III mobilite skoru değerlerinin grup içi karşılaştırılması 61
Tablo 4.18. Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III toplam ve mobilite skorları değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması 61

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Spinal kord anatomisi 4

Şekil 2.2. ABS muayene formu 11

Şekil 3.1. Robotik rehabilitasyon uygulaması 43

Şekil 3.2. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu bisiklet ergometrisi uygulaması 44

Şekil 3.3. Yüzey elektrotların yerleşim yerleri 45

Şekil 4.1. Araştırma Akış Şeması 50

ÖZET

Amaç: Kronik inkomplet spinal kord yaralanması (SKY) olan hastalarda robotik rehabilitasyon öncesinde uygulanan fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisinin (FESBE) alt ekstremite motor fonksiyonu, ambulasyon performansı ve fonksiyonel bağımsızlık üzerindeki etkilerini incelemektir.

Gereç ve Yöntem: Bu araştırma prospektif randomize klinik bir araştırma olarak tasarlandı. Araştırmaya 38 kronik inkomplet SKY olan hasta dahil edildi. Hastalar robotik rehabilitasyon uygulanan gruba ya da robotik rehabilitasyona ek olarak FESBE uygulanan gruba rastgele olarak atandı. Hem robotik rehabilitasyon (Lokomat® v5) hem de FESBE (RT 300-SLSA) 4 hafta boyunca haftada 5 gün, 30'ar dakikalık seanslar şeklinde toplam 20 seans olarak uygulandı. Her iki grupta yer alan hastalara tedavi bitimine dek haftada 5 seans olacak şekilde klasik nörorehabilitasyon programı uygulandı. FESBE uygulamasında bilateral kuadriseps, hamstring ve tibialis anterior kasları; 250 μs pulse genişliği, 20 Hz frekans ve 10-140 mA genlik parametreleriyle stimüle edildi. Pedal çevirme kadans aralığı dakikada 40-50 dönüş olarak ayarlandı. Hastalar tedavi öncesi ve tedavi sonrası değerlendirildi. Primer sonuç ölçütleri Alt Ekstremite Motor Skor (AEMS) ve Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II (Walking Index for Spinal Cord Injury-WISCI II) idi. Sekonder sonuç ölçütleri ise, Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği (OYBÖ), 10 Metre Yürüme Testi (10MYT), 2 Dakika Yürüme Testi (2DYT) ve Zamanlı Kalk ve Yürü Testi (ZKYT) olarak belirlendi.

Bulgular: Çalışmaya dahil edilen hastaların başlangıç demografik ve klinik özellikleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı ($p>0,05$). Tedavi sonrasında her iki grupta da AEMS, 10MYT, 2DYT, ZKYT ve OYBÖ III (mobilite ve toplam) skorlarında tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı iyileşme saptandı (Robotik rehabilitasyon grubu için sırasıyla $p=0.002$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p=0.004$; Robotik rehabilitasyona ek olarak uygulanan FESBE grubu için sırasıyla $p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p=0.002$). WISCI II skorlarında ise her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı değişim gözlenmedi

(p> 0,05). Gruplar arasında tedavi öncesi ve sonrası primer ve sekonder sonuç ölçütlerinin değişim miktarları karşılaştırıldığında gruplar arasında istatistiksel anlamlı fark bulunmadı (p>0,05).

Sonuç: Araştırmamızda kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik yürüme eğitimine eklenen FESBE'nin alt ekstremite motor fonksiyonları, yürüme performansı ve fonksiyonel bağımsızlık açısından ek bir katkı sağlamadığı gösterilmiştir. Robotik rehabilitasyonun ve FESBE'nin daha farklı tedavi protokollerinde (seans, süre vb.) uygulandığı ve daha uzun süreli takip değerlendirmelerini içeren ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Spinal kord yaralanması, fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi, robotik rehabilitasyon

ABSTRACT

Aim: To investigate the effects of Functional Electrical Stimulation Bicycle Ergometry (FESBE) applied prior to robotic rehabilitation on lower extremity motor function, ambulation performance, and functional independence in patients with chronic incomplete spinal cord injury (SCI).

Materials and Methods: This study was designed as a prospective randomized clinical trial. Thirty-eight patients with chronic incomplete SCI were included in the study. Patients were randomly assigned either to the robotic rehabilitation group or to the group receiving FESBE in addition to robotic rehabilitation. Robotic rehabilitation (Lokomat® v5) and FESBE (RT300-SLSA) were administered for 4 weeks, 5 days a week, for 30 minutes per session, totaling 20 sessions. A conventional neurorehabilitation program was applied to patients in both groups, 5 sessions per week, until the completion of treatment. During FESBE application, bilateral quadriceps, hamstring, and tibialis anterior muscles were stimulated with pulse width of 250 μs, frequency of 20 Hz, and amplitude of 10–140 mA. Pedaling cadence was set at 40–50 revolutions per minute. Patients were evaluated before and after treatment. Lower Extremity Motor Score (LEMS) and Walking Index for Spinal Cord Injury II (WISCI II) were determined as primary outcome measures. Spinal Cord Independence Measure (SCIM), 10-Meter Walk Test (10MWT), 2-Minute Walk Test (2MWT), and Timed Up and Go Test (TUG) were determined as secondary outcome measures.

Results: No statistically significant difference was found between the groups in terms of baseline demographic and clinical characteristics ($p>0.05$). After treatment, statistically significant improvement was observed in both groups in LEMS, 10MWT, 2MWT, TUG, and SCIM III (mobility subscale and total score) compared to pretreatment values (for the robotic rehabilitation group $p=0.002$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p=0.004$, respectively; for the FESBE in addition to robotic rehabilitation group $p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p<0.001$, $p=0.002$, respectively). No statistically significant change was observed in WISCI II scores in

either group ($p>0.05$). When the change amounts of primary and secondary outcome measures before and after treatment were compared between the groups, no statistically significant difference was found ($p>0.05$).

Conclusion: The addition of FESBE to robotic gait training did not provide additional benefit in terms of lower extremity motor function, walking performance, or functional independence in patients with chronic incomplete SCI. Further studies including different treatment protocols (session number, duration, etc.) and longer follow-up evaluations are needed.

Keywords: Spinal cord injury, functional electrical stimulation bicycle ergometry, robotic rehabilitation.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Spinal kord yaralanması (SKY), foramen magnum ile kauda equina arasında uzanan spinal kordun zorlanma, kesi veya kontüzyon sonucu hasarlanmasıdır. Yaralanma sonrası lezyon seviyesinin distalinde motor, duyu ve otonom fonksiyon kayıpları meydana gelir. SKY, yüksek morbiditeye ve belirgin fonksiyonel kayba yol açan ciddi bir klinik tablodur (1).

Spinal kord yaralanmasının en belirgin sonuçlarından biri ambulasyon fonksiyonunda meydana gelen sorunlardır. Ambulasyon fonksiyonunda bozulma olması hastanın mobilitesini, bağımsızlığını ve yaşam kalitesini önemli ölçüde etkiler. Bu nedenle ambulasyonun yeniden kazanılması, SKY olan hastalarda rehabilitasyonun temel hedeflerinden biridir. SKY sonrası ambulasyon potansiyelini artırmak ve yaşam kalitesini geliştirmek amacıyla çeşitli rehabilitasyon yaklaşımları, yardımcı cihazlar ve teknolojik uygulamalar geliştirilmekte ve etkinlikleri araştırılmaktadır (2).

Robotik rehabilitasyon, nörolojik hasara bağlı yürüme bozukluklarında yoğun, tekrarlı ve göreve özgü eğitim sunan teknolojik bir yaklaşımdır. Fizyolojik yürüme paternlerine uygun hareketin oluşturulmasına olanak sağlar ve özellikle SKY olan hastalarda ambulasyonun yeniden kazanılmasını desteklemek amacıyla kullanılmaktadır. Temel etki mekanizması, görev odaklı tekrarlar aracılığıyla motor öğrenmeyi güçlendirmektir. Sağlanan yoğun afferent geri bildirim, sensörimotor ağların reorganizasyonunu destekler ve nöroplastik adaptasyonları artırır. Bu süreçte korunmuş nöral yolların fonksiyonel reorganizasyonun ve spinal ağların aktivasyonunun artırılması hedeflenir. Bu nedenle robotik rehabilitasyon, motor fonksiyon ve fonksiyonel mobilitenin geliştirilmesine katkı sağlayan bir rehabilitasyon yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir (3).

Fonksiyonel elektriksel stimülasyonu bisiklet ergometrisi SKY olan hastalarda lezyon seviyesinin altındaki nöral yolları aktive etmeyi amaçlayan bir rehabilitasyon yöntemidir. Bu uygulamada alt ekstremite kaslarına yüzeyel

elektrotlar aracılığıyla elektriksel uyarı verilir ve kasılmalar oluşturulur. Uyarı parametreleri pedal çevirme fazlarına uygun biçimde zamanlanarak kas gruplarının koordine aktivasyonu sağlanır. Böylece, ritmik ve siklik bir hareket paterni elde edilir (4). FESBE'nin temel amacı, fonksiyonel bir aktivite sırasında kas aktivasyonunu artırmak ve kaslarda tekrarlı afferent girdi oluşturarak spinal ve supraspinal ağların uyarılmasını desteklemektir. Bu yönüyle hem periferik kas performansını hem de nöral aktiviteyi arttırmayı hedefleyen bütüncül bir rehabilitasyon yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (4, 5).

Robot yardımlı yürüme egzersizlerinin, tekrarlı ve yoğun hareket pratiği sağlayarak inkomplet SKY olan hastalarda alt ekstremite kas kuvvetini, ambulasyon mesafesini ve yürüyüş hızını iyileştirdiği gösterilmiştir (6). Bununla birlikte, SKY olan hastaların önemli bir bölümü mevcut en iyi tedavilere rağmen yüksek morbidite ve kalıcı fonksiyonel kayıplarla yaşamaya devam etmektedir (7, 8). Bu durum, rehabilitasyon sürecinde kullanılabilecek tamamlayıcı tedavilere olan ihtiyacı ortaya koymaktadır (7). Bildiğimiz kadarıyla, robotik rehabilitasyona ek olarak uygulanan FESBE'nin alt ekstremite fonksiyonel iyileşme ve ambulasyon üzerindeki etkilerini kronik inkomplet SKY olan hastalarda inceleyen bir araştırma bulunmamaktadır. Araştırmamızın hipotezi, robotik rehabilitasyona ek FESBE uygulanan hastalarda, yalnızca robotik rehabilitasyon uygulanan hastalara kıyasla daha yüksek düzeyde motor ve fonksiyonel iyileşme sağlanacağı yönündeydi. Araştırmamızın amacı, kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyona ek olarak uygulanan FESBE'nin alt ekstremite motor fonksiyonu, ambulasyon performansı ve fonksiyonel bağımsızlık üzerindeki etkilerini incelemektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. SPİNAL KORD YARALANMASI

2.1.1. Tanım

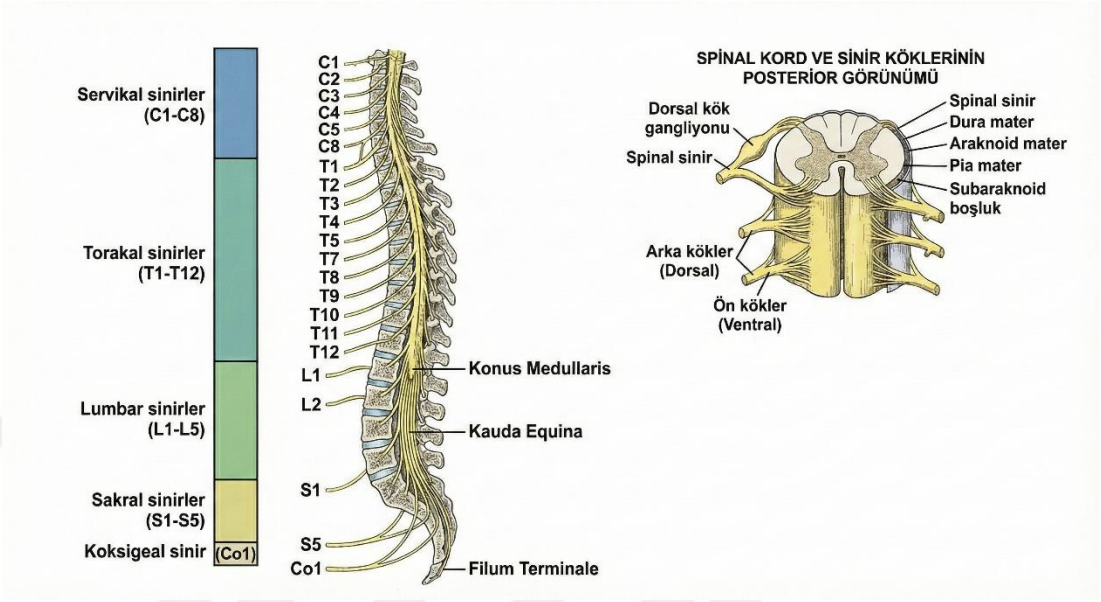
Spinal kord yaralanması travmatik veya travmatik olmayan sebeplere bağlı olarak spinal korddaki sinir hücrelerinde gelişen hasara bağlı olarak bireylerde motor, duyusal ve otonomik fonksiyonlarda kayba neden olan nörolojik bir hastalık grubudur (9).

Spinal kord yaralanması bireyin mobilizasyonunda, kendine bakım becerilerinde ve günlük yaşam aktivitelerinde ciddi kısıtlılıklara neden olur. Yaralanmanın yeri ve yaralanmanın komplet ya da inkomplet olması gibi faktörlere bağlı olarak değişen derecelerde motor ve duyu defisitleri görülür. SKY'ye bağlı gelişen bu nörolojik kayıplara ek olarak; mesane ve barsak disfonksiyonu, spastisite, bası yaraları ve tekrarlayan enfeksiyonlar gibi komplikasyonlar da bireyin bağımlılık düzeyini artırır ve yaşam kalitesini önemli ölçüde olumsuz etkiler (1). Spinal kord yaralanması, yalnızca fiziksel işlev kaybına yol açmakla sınırlı kalmaz. Aynı zamanda psikolojik, sosyal ve ekonomik etkileriyle bireyin yaşamını derinden sarsan, sağlık sistemi ve toplum üzerinde uzun vadeli yük oluşturan çok yönlü bir klinik tablodur (10).

2.1.2. Spinal Kord Anatomisi

Spinal kord, foramen magnum seviyesinden başlayarak vertebral kanal içerisinde kaudal yönde uzanan ve beyin sapının devamını oluşturan santral sinir sistemi yapısıdır. Doğumda yaklaşık olarak L3 vertebra seviyesinde sonlanırken, embriyolojik gelişim sürecinde vertebral kolonun spinal korddan daha hızlı uzaması nedeniyle erişkin bireylerde L1–L2 vertebra düzeyinde konus medullaris adı verilen konik yapıyla sonlanır. Birinci lumbal vertebranın alt kenarından başlayarak ikinci sakral vertebra seviyesine kadar uzanan ve spinal kordun distalinde yer alan sinir

kökleri, anatomik görünümlerinin at kuyruğunu andırması nedeniyle cauda equina olarak adlandırılır (Şekil) (11, 12).



Şekil 2.1. Spinal kord anatomisi

Gray's Atlas of Anatomy'nin 1. baskısı referans alınarak uyarlanmıştır (Drake RL, Vogl AW, Churchill Livingstone, 2008) (13).

Vertebral kolon; 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber ve 5 sakral vertebra ile 1 koksigeal vertebradan oluşur. Buna karşılık, omurilikten toplam 31 çift spinal sinir kökü çıkar: 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 1 koksigeal. Servikal bölgeye özgü olarak, C1 ile C7 arasındaki sinir kökleri ilgili vertebranın üstünden, C8 siniri ise C7 ile T1 arasından çıkar. Torakal ve lomber bölgelerde ise sinir kökleri, ilgili vertebranın altından çıkar (12).

Spinal kordun transvers kesitinde, merkezde yer alan gri cevher, periferinde bulunan beyaz cevher ile çevrilidir. Gri cevher, nöronların hücre gövdelerinden oluşur ve anterior (ön) ile posterior (arka) boynuzlar olmak üzere iki ana bölümden oluşur. Posterior boynuzda duyusal nöronlara ait hücre gövdeleri, anterior boynuzda ise alt motor nöronların hücre gövdeleri yer alır (14).

Beyaz cevher; anterior, lateral ve posterior kolon olmak üzere üç ana bölüme ayrılır ve inen ve çıkan sinir yollarını içerir. Kortikospinal yol, spinal korddaki en

büyük inen yoldur ve istemli motor hareketleri ileten lifleri taşır. Bu liflerin yaklaşık %90'ı medulla oblongata düzeyinde çapraz yaparak posterolateral sütunda yer alan lateral kortikospinal yol içinde seyrederken, %10'u çapraz yapmadan anteromedial sütunda bulunan anterior kortikospinal yol içerisinde ilerler. Bunun dışında, spinal kordun diğer bölgelerinde; medial arka sütunda fasikülus grasilis, lateral arka sütunda fasikülus kuneatus, ve lateral kolonda spinotalamik yol yer almaktadır (12, 14).

2.1.3. Epidemiyoloji ve Etiyoloji

Spinal kord yaralanmasının insidansı ve prevalansı ülkeler arasında önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Bu farklılık; cinsiyet dağılımı, yaralanma mekanizması, lezyonun seviyesi ve şiddeti gibi değişkenlere bağlıdır. Gözlenen varyasyon, bir yandan coğrafi ve kültürel koşullar ile sağlık altyapısındaki eşitsizliklerden kaynaklanırken, diğer yandan SKY olan hastaların tanı ve sınıflandırılmasında kullanılan kriterlerin farklılığına da işaret etmektedir (15).

Gelişmiş ülkelerde SKY'nin yıllık insidansı, milyonda 13,121–163,420 aralığındayken; gelişmemiş ülkelerde bu oran milyonda 13,019–220,022 arasında değişmektedir. Kuzey Amerika'da yıllık insidans milyonda 25,2–52,5 aralığında bildirilirken, ülkemizin güneydoğusunda bu değer milyonda 12,7–16,9 olarak bildirilmiştir (8).

Spinal kord yaralanmasının ortalama yaşı, gelişmiş ülkelerde 14,63 ile 67,63 yıl arasında değişirken; gelişmemiş ülkelerde yapılan çalışmalarda bu değerin 29,53 ile 46,03 yıl arasında olduğu bildirilmiştir. Önceki araştırmalar, SKY olan hastaların yaş dağılımının bimodal bir özellik gösterdiğini, ilk tepe noktasının 15–29 yaş, ikincisinin ise 65 yaş üzeri olduğunu ortaya koymuştur (16). Nüfusun yaşlanmasına paralel olarak, SKY olan hastaların ortalama yaşı da artış göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde ortalama yaş 1970'lerde 28,3 iken 2008 yılında 37,1'e yükselmiştir. Benzer şekilde, Brezilya'da 2003'de 26,0 olan ortalama yaş, 2009 sonrasında 37,9'a çıkmıştır (8).

Araştırmalar, SKY'nin kadınlara kıyasla erkeklerde daha yüksek oranda görüldüğünü göstermektedir. Erkek/kadın oranı ülkeler arasında farklılık göstermekte olup; 1,6 ila 8 arasında değişmektedir (8). Türkiye'de ise erkek/kadın oranı 2,5 olarak bildirilmiştir (17). Travmatik olmayan SKY olgularında ise bu oran 1,3/1 düzeyinde olup belirgin şekilde daha düşüktür (8).

Amerika Birleşik Devletleri merkezli Ulusal Spinal Kord Yaralanmaları İstatistik Merkezi (The National Spinal Cord Injury Statistical Center-NSCISC) verilerine göre, yaralanma seviyesi ve şiddeti açısından tetrapleji en sık görülen klinik tablodur. SKY olan hastaların %59,6'sı tetraplejik olup, bu hastaların %12,8'i komplet tetrapleji, %46,8'i ise inkomplet tetraplejidir. Hastaların %39,8'i parapleji tanısı almakta olup; bu grubun %20,1'i komplet parapleji, %19,7'si ise inkomplet parapleji şeklindedir (18).

Spinal kord yaralanması seviye ve şiddet açısından değerlendirildiğinde, servikal spinal kord hem gelişmiş hem de gelişmemiş ülkelerde en sık yaralanan bölge olarak bildirilmiştir. Komplet servikal yaralanmalar ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Vakaların çoğu olay yerinde veya hastaneye ulaşmadan hayatını kaybetmektedir. Bu nedenle, hastanede tedavi edilen servikal yaralanmalı hastaların büyük kısmı inkomplet yaralanma grubunda yer almaktadır. Travmatik SKY'ler çoğunlukla komplet tipte görülürken, travmatik olmayan SKY'lerde inkomplet yaralanmalar daha yaygındır (16).

Travmatik SKY'nin başlıca nedenleri arasında motorlu taşıt kazaları, yüksekten düşmeler, ateşli silah yaralanmaları, spor yaralanmaları ve delici/kesici alet yaralanmaları yer alır. En yüksek mortalite oranına sahip neden motorlu taşıt kazaları iken; ikinci sırada ise düşmeler yer almaktadır. Gelişmiş ülkelerde travmatik SKY'nin en sık nedeni motorlu taşıt kazaları iken, gelişmekte olan ülkelerde ilk sırada düşmeler, ikinci sırada ise motorlu taşıt kazaları görülmektedir (8, 18). Ülkemizde ise, travmatik SKY nedenleri arasında ilk sırada %48,8 oranında görülen trafik kazaları, ikinci sırada ise %36,6 oranında görülen düşmeler yer almaktadır. Diğer nedenler arasında %3,3 oranında görülen kesici/delici alet yaralanmaları, %1,9

oranında görülen ateşli silah yaralanmaları ve %1,2 oranında görülen sığ suya dalma bulunmaktadır (17).

Travmatik olmayan SKY'nin başlıca etiyolojik nedenleri arasında neoplaziler, spinal kord enfeksiyonları, inflamatuar ve dejeneratif hastalıklar, vasküler patolojiler, iyatrojenik nedenler ve konjenital anomaliler yer almaktadır (19).

2.1.4. Patofizyoloji

Spinal kord yaralanmasının patofizyolojisi, primer ve sekonder hasar süreçlerini içerir. Primer hasar genellikle kordda meydana gelen mekanik yaralanmayı ifade ederken, sekonder hasar primer yaralanmaya karşı gelişen hücresel ve biyolojik yanıtların bir sonucu olarak ortaya çıkar. Bu süreçte immün sistem, sinir sistemi ve vasküler sistem rol almakta; hemoraji, iskemi, oksidatif stres, inflamatuar reaksiyon, nöronal hücre ölümü, demiyelinizasyon ve skar oluşumu gibi mekanizmalar gözlenmektedir (20).

Literatürde dört primer yaralanma mekanizması tanımlanmaktadır: (1) Kalıcı kompresyonla birlikte darbe etkisi, (2) Geçici kompresyonla birlikte darbe etkisi, (3) Distraksiyon, (4) Laserasyon/transeksiyon. Bunlar arasında en sık görülen mekanizma, patlama kırıkları sonrası kord üzerinde kemik fragmanlarının bası oluşturduğu kalıcı kompresyonla birlikte darbe etkisidir. Geçici kompresyon dejeneratif servikal vertebra hastalığı olan bireylerde hiperekstansiyon yaralanmaları sonrası, distraksiyon ise fleksiyon, ekstansiyon veya rotasyonel zorlanmalarla ortaya çıkmaktadır. Laserasyon veya transeksiyon ise ateşli silah yaralanmaları ya da keskin kemik fragmanlarının deplasmanı sonrası gelişebilmektedir (21).

İlk mekanik hasar öncelikli olarak santral gri cevheri etkilerken, beyaz cevher görece korunur. Gri cevherin daha fazla etkilenmesinin, daha yumuşak yapısı ve yoğun vaskülarizasyonuyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Spinal kord içindeki hemoraji erken dönemde gelişirken, mekanik yaralanmayı takiben kan akımının bozulması hipoksi ve iskeminin yol açtığı lokal infarktlara neden olur. Yüksek metabolik gereksinimi nedeniyle gri cevher bu süreçten özellikle olumsuz etkilenir.

Yaralanma alanından geçen nöronlar yapısal bütünlüklerini kaybeder, buna bağlı olarak miyelin tabakasında incelme gelişir ve sinir iletimi mikrohemorajiler ile ödemin eşlik etmesiyle belirgin şekilde bozulur. Sonuç olarak, gri cevherde irreversibl hasarın yaralanmadan sonraki ilk saat içinde, beyaz cevherde ise 72 saat içinde gerçekleştiği düşünülmektedir (21).

Sekonder hasar, SKY'yi takiben ortaya çıkan birçok hücresel, vasküler ve biyokimyasal sürecin karmaşık ve ardışık etkileşimleri sonucu gelişir. Bu mekanizmalar arasında nörojenik şok, hemoraji, iskemi ve reperfüzyon hasarı gibi vasküler olaylar; glutamaterjik eksitotoksisite, kalsiyum aracılı hücresel hasar, sıvı-elektrolit dengesizlikleri, immünolojik yanıtlar ve sitokin salınımı, apoptoz, mitokondriyal disfonksiyon, serbest radikal oluşumu, lipid peroksidasyonu ve enerji metabolizmasındaki bozukluklar yer almaktadır (22).

Spinal kord yaralanmasında vasküler hasar hem akut dönemde hem de sonraki süreçte prognozu olumsuz etkileyen önemli bir faktördür. Mikrosirkülasyonun bozulması, peteşiyal kanamalardan hemorajik nekroza ilerleyen hasarlara yol açar. Ayrıca vazospazm, intravasküler tromboz, nörojenik şoka bağlı sistemik hipoperfüzyon ve otoregülasyon kaybı sonucunda progresif posttravmatik iskemi gelişebilir. Nörojenik şok, spinal kordun vasküler beslenmesinin kesintiye uğraması ve vazomotor kontrol kaybı ile ortaya çıkar. Klinik olarak bradikardi, hipotansiyon, azalmış periferik direnç ve düşük kardiyak output ile karakterizedir. Temel mekanizma ise azalmış sempatik tonus ve artmış vagal aktiviteye bağlı kardiyak depresyondur (21, 23).

Sekonder hasar mekanizmaları içinde oksidatif stres merkezi bir rol oynamaktadır. Azalmış perfüzyonu izleyen reperfüzyon döneminde, laktik asit gibi metabolitlerin birikimine bağlı perivasküler pH düşer ve bu durum hiperemi ile reperfüzyona zemin hazırlar. Reperfüzyon ise dokuya kan akışını restore etmek yerine immün hücre ekstravazasyonunu ve serbest radikal oluşumunu artırarak hücresel hasarı şiddetlendirir. Serbest radikaller protein, lipid ve nükleik asit oksidasyonu yoluyla oksidatif strese neden olur. Oksidatif stres; aşırı hücre içi

kalsiyum birikimi, mitokondriyal sitokrom-c salınımı, kaspaz aktivasyonu, apoptoz ve eksitotoksisite ile ilişkilidir (21, 22).

Santral sinir sisteminin başlıca eksitatör nörotransmiteri olan glutamatın, SKY'yi takiben düzeylerinde belirgin bir artış olduğu ve bu artışın travmadan sonraki ilk 20–30 dakikada zirveye ulaşıp yaklaşık 60 dakika içinde normale döndüğü bildirilmektedir. Glutamat reseptörlerinin aşırı aktivasyonu ile gelişen eksitotoksisite, özellikle NMDA reseptörü aracılığıyla reaktif moleküllerin oluşumuna yol açan karmaşık olaylar zincirini başlatır. Bu süreçte lipid peroksidasyonu, Na^+-K^+ ATPaz aktivitesinin inhibisyonu, membran sodyum kanallarının inaktivasyonu ve Na^+-Ca^{2+} pompasının bozulması sonucunda hücre içi sodyum ve kalsiyum birikimi meydana gelir. Bununla ilişkili sitotoksik ödem, mitokondriyal solunum zinciri enzimlerinin inhibisyonu, gliseraldehit-3-fosfat dehidrogenazın inaktivasyonu ve oksidatif protein modifikasyonları nöronal ölüm sürecine katkıda bulunur. Yüksek hücre içi kalsiyum konsantrasyonları, hipoksi ve iskemi ile zaten bozulmuş olan mitokondriyal fonksiyonu daha da ağırlaştırır. Ayrıca kaspazlar, kalpainler, fosfolipaz A2, lipoksijenaz ve siklooksijenaz gibi kalsiyum bağımlı proteaz ve lipazları aktive ederek, akson-miyelin ünitesinin yapısal proteinleri de dahil olmak üzere önemli hücresel bileşenlerin yıkımına yol açar. Bunun yanında lipid peroksidasyonu ve serbest radikal oluşumu da sekonder hasarın ilerlemesine katkıda bulunur (21, 23-25).

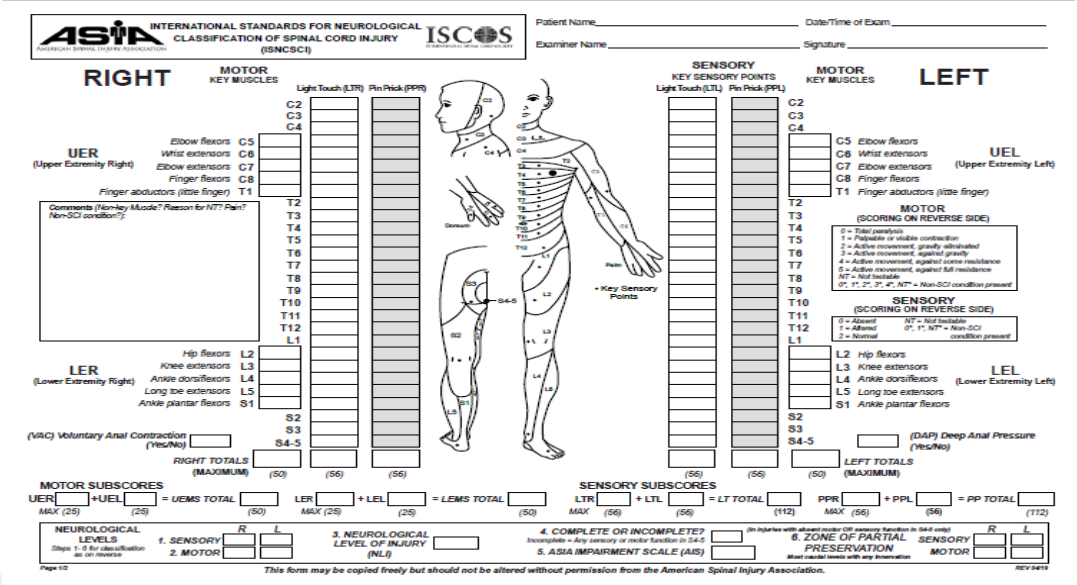
Spinal kord yaralanması, glial hücre fonksiyon bozukluğu ve lökosit infiltrasyonu ile karakterize immün yanıtı tetikler. Nöroinflamasyonda erken dönemde mikroglia, astrositler ve nötrofiller; ilerleyen evrelerde ise makrofajlar ile T ve B lenfositler rol alır. Bu immün yanıtın sekonder hasar üzerindeki etkileri tartışmalı olmakla birlikte hem faydalı hem de zararlı sonuçları olabileceği kabul edilmektedir. Homeostaz kaybı, eksitotoksisite ve asidoz sürece katkıda bulunurken; nötrofiller ve makrofajlardan salınan enzimler nöronal ve vasküler hasarı artırabilir. İki fazlı lökosit infiltrasyonu ve eşlik eden patofizyolojik mekanizmaların, yaralanmadan sonraki ilk 24 saat içinde başlayarak günler içinde en yüksek seviyeye ulaştığı ve demiyelinizasyona neden olduğu bildirilmektedir. Ayrıca SKY'nin nükleer faktör-kappaB (NF-κB) aktivasyonunu indüklediği, bunun da inflamasyon,

proliferasyon ve hücre ölümü ile ilişkili gen ekspresyonunu düzenlediği gösterilmiştir (21, 22).

Spinal kord yaralanmasında iskemi ile başlayan süreç; çok sayıda tanımlanmış ve henüz tam olarak aydınlatılmamış, doğrudan ve dolaylı mekanizmayı tetikleyerek nekrotik ve apopitotik hücre ölümü sonucunda nöronal hasara yol açmaktadır. Bu süreç gri ve beyaz cevherde kavitasyon ile astrositler ve fibroblastların aracılık ettiği glial skar dokusu oluşumu ile sonuçlanır. SKY sonrası görülen fonksiyonel kayıplarda primer hasardan ziyade sekonder hasar mekanizmalarının daha etkili olduğu düşünülmektedir. Bu patofizyolojik mekanizmaların aydınlatılması, SKY sonrası hasarın önlenmesi ve yeni tedavi stratejilerinin geliştirilmesi yoluyla fonksiyonel kayıpların azaltılmasında büyük önem taşımaktadır (21, 23).

2.1.5. Klinik Muayene ve Sınıflandırma

Spinal kord yaralanması sonrasında yapılan nörolojik değerlendirme; akut dönemde tedavi stratejilerinin belirlenmesi, prognozun öngörülmesi, fonksiyonel hedeflerin saptanması ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyon programlarının planlanmasında temel bir rol üstlenmektedir. SKY sonrası fonksiyonel sonuçların öngörülmesine yönelik olarak farklı ölçekler geliştirilmiş olup, bu ölçekler muayene yöntemlerini standartlaştırmak, sınıflamada tutarlı terminoloji ve tanımlar oluşturmak ve nörolojik işlevdeki değişiklikleri zaman içerisinde güvenilir biçimde izleyebilmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu bağlamda en yaygın kullanılan değerlendirme ölçeği, ilk olarak 1982 yılında Amerikan Spinal Kord Yaralanması Derneği (American Spinal Injury Association-ASIA) tarafından geliştirilen ve son olarak 2019'da güncellenen Spinal Kord Yaralanması Nörolojik Sınıflaması için Uluslararası Standartlar (International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury – ISNCSCI)'dir (Şekil) (26).



Şekil 2.2. ABS muayene formu (2019)(18).

Spinal kord yaralanmalarında nörolojik değerlendirme; dermatomlara göre duyu muayenesi, miyotomal kas gruplarına göre motor muayene ve anorektal muayeneden oluşan standartlaştırılmış bir değerlendirme protokolüdür. Bu değerlendirme ile yaralanmanın seviyesi ve şiddeti objektif biçimde belirlenir. Nörolojik seviye tayininde duyu ve motor bulgular birlikte incelenmekte olup, rektal muayene dışında kalan tüm değerlendirmelerde hasta supin pozisyonunda olmalıdır (27).

Duyu Muayenesi: Lezyon seviyesinin belirlenmesine duyu muayenesi ile başlanır ve bu değerlendirme sırasında hasta supin pozisyonda bulunur. Vücudun her iki yarısında C2'den S4–5'e kadar uzanan 28'er dermatom alanı, fasiyal sinir aracılığıyla duyusal innervasyonu sağlanan yüzdeki sağlam duyu bölgesiyle karşılaştırılarak değerlendirilir. Hafif dokunma duyusu, bir parça pamuğun muayene edilecek bölgeye ve yanaktaki karşılık gelen alana hafifçe değdirilmesiyle test edilir. İğne batırma duyusu ise çengelli iğne kullanılarak değerlendirilir; iğnenin sivri ve künt uçları muayene noktalarına dokundurulur. Hastadan hem dokunmayı hissedip hissetmediğini hem de sivri–künt ayrımını yapıp yapamadığını belirtmesi istenir. Her iki test de 0–2 arasında puanlanır. Hafif dokunma duyusu, spinal kordun dorsal (posterior) kolon yolu bütünlüğünü yansıtırken iğne batırma duyusu ise spinotalamik (anterolateral) yolun bütünlüğünü yansıtır (28). Bulgular sağ ve sol taraf arasında

farklılık gösterebilir. Duyu seviyesi hem hafif dokunma hem de iğne batırma duyularında sağ ve solda tam (2 puan) duyunun alındığı en distal segment olarak tanımlanır (Tablo 2.1, 2.2) (11, 20).

Tablo 2.1. Hafif dokunma duyusunun muayenesi

0	Yok	Hasta doğru veya güvenilir biçimde dokunmayı tarif edemiyor.
1	Bozulmuş	Hasta doğru bir şekilde dokunulduğunu ifade ediyor, fakat yanağa dokunulduğundan farklı olduğunu vurguluyor (daha fazla, daha az gibi).
2	Normal	Hasta doğru bir şekilde dokunmayı ifade ediyor ve yanak ile aynı olduğunu söylüyor.
TE	Test edilemeyen	Herhangi bir nedenle tam olarak değerlendirilemiyor.

Tablo 2.2. İğne batırma duyusunun muayenesi

0	Yok	Hasta keskin ve künt dokunma duyularını ayırt edemiyor.
1	Bozulmuş	Hasta çengelli iğnenin künt ve sivri uçlarını ayırt ediyor, ancak yüzündeki duyu ile test edilen bölge arasında duyuda fark (az veya çok hissetme) olduğunu belirtiyor.
2	Normal	Hasta çengelli iğnenin künt ve sivri uçlarını doğru biçimde ayırt ediyor ve yanak ile aynı olduğunu söylüyor.
TE	Test edilemeyen	Herhangi bir nedenle tam olarak değerlendirilemiyor.

Motor Muayene: Motor seviyenin belirlenmesi için vücudun sağ ve sol tarafında yer alan 10 anahtar kas (beş üst ve beş alt ekstremite) manuel kas testi ile değerlendirilir. Motor seviye, anahtar kaslardan en az 3/5 kas gücüne sahip olan ve bu seviyenin proksimalinde yer alan kasların 5/5 kas gücünde olduğu en distal seviye olarak tanımlanır. Anahtar kas bulunmayan seviyelerde motor seviye duyu seviyesi ile eşdeğer kabul edilmektedir (Tablo 2.3) (27, 29).

Tablo 2.3. Motor muayenede kullanılan anahtar kaslar

C5	Dirsek fleksörleri (biseps, brakiyalis)
C6	El bileği ekstansörleri (ekstansör karpi radialis longus ve brevis)
C7	Dirsek ekstansörleri (triseps)
C8	Uzun parmak fleksörleri, ortanca parmak (fleksör digitorum profundus)
T1	Parmak abduktörleri, küçük parmak (abduktör digiti minimi)
L2	Kalça fleksörleri (iliopsoas)
L3	Diz ekstansörleri (kuadriseps)
L4	Ayak bileği dorsifleksörleri (tibialis anterior)
L5	Ayak başparmağı uzun ekstansörleri (ekstansör hallusis longus)
S1	Ayak bileği plantar fleksörleri (gastroknemius, soleus)

Nörolojik Seviye: Nörolojik seviye, spinal kordun her iki tarafında normal duyusal fonksiyon ve yer çekimine karşı motor fonksiyonun bulunduğu en kaudal seviye olarak tanımlanır. Duyu ve motor seviyeler belirlendikten sonra, rostralinde herhangi bir duyu ve motor kusur bulunmaması koşuluyla, duyunun normal ve kas gücünün en az 3/5 olduğu en kaudal seviye nörolojik seviye olarak kabul edilir (29).

Anorektal Muayene: SKY'de komplet ve inkomplet ayrımının yapılabilmesi açısından anorektal muayene kritik öneme sahiptir. Dijital muayene ile eksternal anal sfinkterin istemli motor kontraksiyonu ve derin anal basıncın algılanabilme durumu değerlendirilir. Ayrıca S4–5 dermatomunda hafif dokunma veya iğne batırma veya derin anal basınç duyularının tek taraflı ya da bilateral olarak korunmuş olması duyusal sakral korunmayı, istemli anal kontraksiyonun varlığı ise motor sakral korunmayı gösterir (27).

Değerlendirme sonucunda S4–5 seviyesinde hafif dokunma veya iğne batırma veya derin anal basınç duyuları ile istemli anal kontraksiyonun bulunmadığı, yani sakral korunmanın olmadığı durumlar komplet yaralanma olarak tanımlanırken S4–5 seviyesinde duyusal ve/veya motor fonksiyonların kısmen de olsa korunmuş olması inkomplet yaralanma olarak kabul edilir (29). Tüm bu verilerin sonucunda hasta ASIA Bozukluk Skalası' na (ABS) göre sınıflandırılır (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. ASIA Bozukluk Skalası (ABS)

A = Komplet	**Lezyon seviyesi altında motor fonksiyon ve duyu yoktur.**
B = Duysal İnkomplet	Yaralanma seviyesinin altında duyu korunmuştur. Yaralanma seviyesinin altındaki en az 3 seviyede motor fonksiyon yoktur.
C = Motor İnkomplet	İstemli anal kontraksiyon yapılabilir veya S4-5 de duyu korunmuş olup beraberinde yaralanma seviyesi altındaki anahtar kasların yarısından azında ≥3/5 kas kuvveti vardır.
D = Motor İnkomplet	Yaralanma seviyesi altındaki anahtar kasların en az yarısında veya daha fazlasında ≥3/5 kas kuvveti vardır.
E = Normal	SKY öyküsü olup daha önceden nörolojik defisiti bulunan hastada tüm seviyelerde duyu ve motor fonksiyonlar normaldir.

ASIA Bozukluk Skalası'nda en son güncelleme 2019 yılında yapılmıştır. Bu güncelleme ile, SKY dışı nedenlere bağlı gelişen bozukluklar mevcut olduğunda, anormal duyu ve/veya motor skorlarının ölçüldüğü şekilde kaydedilmesi ve sonucun SKY dışı bir nedene bağlı olduğunu göstermek için ‘’*” işareti kullanılması önerilmiştir. Bu durumlarda, ilgili bozukluğun nedeni ve sınıflama sürecinde nasıl değerlendirileceği mutlaka “Yorum” kutusunda belirtilmelidir. Ayrıca kısmi korunmuş alan tanımı da bu güncelleme ile revize edilmiştir. Önceden yalnızca komplet yaralanmalarda kullanılan bu tanım, artık daha geniş bir kapsama sahiptir. Buna göre, aynı tarafta S4–S5 düzeyinde yüzeyel dokunma ve derin anal basınç duyusu bulunmayan ancak lezyon seviyesinin kaudalinde duyusal fonksiyonları korunan hastalarda duyusal kısmi korunmuş alan ifadesi kullanılmaktadır. Benzer şekilde, lezyon seviyesinin kaudalinde motor fonksiyonu olup istemli anal kontraksiyonu bulunmayan tüm inkomplet hastalarda motor kısmi korunmuş alan tanımı kullanılmaktadır (29).

2.1.6. İnkomplet Yaralanma Sendromları

Santral Kord Sendromu: İnkomplet SKY sendromları arasında en sık görülen sendromdur ve çoğunlukla hiperekstansiyon yaralanmalarını takiben ortaya çıkar. Özellikle ileri yaş hastalarda servikal spondiloz ve buna bağlı spinal stenozun eşlik etmesi tipik yaralanma mekanizmasını oluşturur. Bu durumda hiperekstansiyon sırasında spinal kord, önde osteofitler veya intervertebral disk materyali, arkada ise ligamentum flavum tarafından eş zamanlı olarak kompresyona uğrar. Genç

hastalarda ise daha çok hiperfleksiyon yaralanmalarına bağlı fraktür-dislokasyon veya disk herniasyonu sonucunda kord basısı gelişir. Klinik olarak üst ekstremiteler, alt ekstremitelere kıyasla daha belirgin etkilenir. Bu durum, lateral kortikospinal traktın somatotopik organizasyonu ile açıklanır; servikal liflerin medial, sakral liflerin ise daha lateral yerleşimli olması nedeniyle kordun merkezi bölgeleri hasar gördüğünde servikal lifler öncelikli olarak etkilenir. Klinik belirtiler lezyon boyutuyla ilişkilidir. Daha nadir nedenleri arasında atlantoaksiyel instabilite, tethered kord, osteoporoz ve dejeneratif spinal artropatiler yer almaktadır (30).

Brown-Séquard Sendromu: Brown-Séquard sendromunun etiyolojisi travmatik ve non-travmatik nedenler olarak iki grupta incelenir. Travmatik nedenler daha sık olup ateşli silah yaralanmaları, bıçaklanmalar, trafik kazaları, künt travmalar ve düşmeye bağlı vertebra kırıkları tipik mekanizmaları oluşturur. Daha nadir görülen non-travmatik nedenler arasında kord iskemisi, disk herniasyonu, spinal kord tümörleri, epidural hematom, intramedüller hemoraji ve arteriyovenöz malformasyonlar yer almaktadır. Klinik olarak kortikospinal traktusun hasarı ipsilateral üst motor nöron bulgularına, posterior kolonun etkilenmesi ipsilateral propriosepsiyon ve vibrasyon duyusu kaybına yol açar. Spinotalamik traktusun hasarı ise kontralateral tarafta ağrı, ısı ve kaba dokunma duyularının kaybı ile sonuçlanır. Lezyon seviyesinde anterior boynuz hücreleri ve dorsal boynuzun etkilenmesi, ipsilateral motor kayıp ile total duyu kaybının birlikte izlendiği dar bir bant görünümüne neden olur (31, 32).

Anterior Kord Sendromu: Spinal kordun ön üçte ikisini etkileyen lezyonlar sonucu gelişir ve en sık nedeni iskemi veya enfarkttır. Spinal kord iskemisi, akut miyelopatilerin yaklaşık %6'sını oluşturmaktadır ve genellikle kötü prognozludur. Klinik olarak kortikospinal traktus ve anterior boynuz hücrelerinin etkilenmesine bağlı olarak lezyon seviyesinin altında tam motor kayıp izlenir. Spinotalamik traktusun hasarı ağrı, ısı ve kaba dokunma duyularında kayba yol açarken, otonom merkezlerin etkilenmesi ortostatik hipotansiyon, mesane ve/veya barsak inkontinansı ile cinsel işlev bozukluğuna neden olabilir. Buna karşın, posterior kolonların korunması nedeniyle ince dokunma, propriosepsiyon ve vibrasyon duyuları genellikle sağlam kalır (32).

Posterior Kord Sendromu: Spinal kordun arka üçte birinde, özellikle dorsal kolonları tutan lezyonlar sonucu gelişir ve ince dokunma, vibrasyon ile propriosepsiyon duyularının etkilenmesiyle karakterizedir. Klinik olarak sensöryel ataksi ön plandadır; bu tabloya sıklıkla baş dönmesi, dengesiz yürüme ve özellikle karanlıkta ya da gözler kapalıyken yapılan aktivitelerde tekrarlayan düşmeler eşlik eder. Muayenede tipik bulgu pozitif Romberg işaretidir. Etiyolojide vitamin B12 eksikliğine bağlı subakut kombine dejenerasyon, multipl skleroz, tabes dorsalis, servikal spondilotik miyelopati, Kazanılmış bağışıklık yetmezliği sendromu (Acquired Immune Deficiency Syndrome-AİDS) ilişkili miyelopati, Friedreich ataksisi ve epidural veya intradural ekstramedüller tümörlerin basısı yer almaktadır. Posterior spinal kord enfarktı da unilateral posterior kord sendromuna yol açabilse de zengin pial pleksus ve çift posterior spinal arter nedeniyle anterior spinal kord enfarktına kıyasla oldukça nadirdir (32, 33).

Konus Medullaris Sendromu: Spinal kordun distalinde yer alan ve koni şeklinde sonlanan konus medullarisin (T12–L2 seviyeleri) lezyonları sonucunda ortaya çıkar. Sık nedenleri arasında alt torakal ve üst lomber disk herniasyonları, travmaya bağlı kompresyon veya burst fraktürler, retropulse kemik fragmanlarının oluşturduğu kord basısı, intramedüller tümörler, enfeksiyonlar, spinal dural arteriyovenöz fistüller ve kord enfarktı yer almaktadır. Klinik olarak alt ekstremitelerde üst ve alt motor nöron tutulumunun birlikte görüldüğü karışık tip güçsüzlük, eyer tarzında anestezi veya hipoestezi, erken dönemde mesane ve anal sfinkter disfonksiyonu ile impotans ön plandadır (32, 34).

Kauda Equina Sendromu: Konus medullaris seviyesinin altında, vertebral kanal içerisinde saçak benzeri dağılım gösteren lomber ve sakral sinir köklerinin basıya uğraması sonucu gelişir. Klinik olarak eyer tarzında anestezi veya hipoestezi, alt ekstremitelerde flask paralizi ve arefleksi ile karakterize alt motor nöron hasarı bulguları, mesane ve barsak disfonksiyonu ile cinsel disfonksiyon ön plandadır. Ayrıca bulbokavernöz ve anal refleks alınamaz. En sık neden dejeneratif hastalıklar sonucunda gelişen disk hernisidir. Bunun dışında travma, lomber spinal stenoz, araknoidit, epidural apse, primer intradural ekstramedüller tümörler, intratekal

yayılım gösteren primer tümörler ile sekonder metastazlar diğer etiyolojik faktörler arasında yer almaktadır (32, 34).

2.1.7. Spinal Kord Yaralanması Sonrası Gelişen Sekonder Komplikasyonlar

Spinal kord yaralanmalarında görülen sekonder komplikasyonlar, yalnızca yaşam süresini değil; aynı zamanda fonksiyonel iyileşmeyi, yaşam kalitesini ve yeniden hastaneye yatış olasılığını da önemli ölçüde etkilemektedir. Bu komplikasyonların etkin yönetimi, morbidite ve mortalitenin azaltılmasında kritik öneme sahiptir (35).

Pulmoner Komplikasyonlar: SKY sonrasında erken dönemde hastaların %36–83'ünde pulmoner sorunlar ortaya çıkmaktadır. Servikal SKY olan hastalarda hastane içi ölümlerin yaklaşık %80'i pulmoner disfonksiyona bağlı olup, bu olguların yarısında temel neden pnömonidir. Kronik dönemde de pulmoner sorunlar devam etmekte ve özellikle servikal ile yüksek torasik yaralanmalarda morbidite ve mortalitenin başlıca nedeni olmaktadır. Bu komplikasyonların gelişiminde; solunum kaslarında güçsüzlük ve yorgunluk, ventilatuar kontrol bozukluğu, azalmış öksürük refleksi, artmış sekresyonlar, bronkospazm, hava akımı kısıtlılığı, bronşiyal aşırı duyarlılık ve göğüs duvarı ile akciğer elastikiyetinde azalma rol oynamaktadır. Pulmoner komplikasyonların görülme sıklığı yaralanmanın seviyesi ve şiddeti ile yakından ilişkilidir; özellikle servikal ve üst torasik lezyonlar en yüksek risk grubunu oluşturur. En sık karşılaşılan komplikasyonlar pnömoni, atelektazi ve solunum yetmezliği iken; pulmoner ödem, pulmoner emboli, plevral efüzyon, pnömotoraks, hemotoraks ve uyku apnesi daha nadir görülen diğer sorunlar arasında yer almaktadır (36, 37).

Venöz Tromboemboli (VTE): SKY sonrasında VTE, yüksek insidansı, sinsi başlangıcı, potansiyel olarak ölümcül sonuçları ve uzun dönem klinik etkileri nedeniyle önde gelen mortalite ve morbidite nedenlerinden biridir. VTE riski özellikle yaralanmayı takip eden ilk 7–10 gün ve erken iyileşme döneminde en yüksek düzeydedir; 8–12 hafta sonrasında ise belirgin şekilde azalır. Akut SKY olan

hastalarda VTE gelişimine yatkınlık oluşturan temel mekanizmalar, klasik Virchow triadını yansıtmaktadır: alt ekstremitelerde kas pompa aktivitesinin kaybına bağlı venöz staz, fibrinolitik aktivitedeki azalmaya bağlı hiperkoagülabilite ve eşlik eden yaralanmalar ile damar basısına bağlı endotel hasarı. VTE riski; tetraplejiklere kıyasla paraplejiklerde, inkomplet lezyonlara kıyasla komplet lezyonlarda, alt ekstremite ve pelvis kırıkları eşlik eden bireylerde, daha önce VTE öyküsü bulunanlarda, tromboprofilaksinin hiç uygulanmadığı veya geciktirildiği hastalarda daha yüksektir. SKY sonrasındaki ilk üç ayda görülen yüksek risk nedeniyle antikoagülan profilaksisi standart yaklaşım olarak önerilmektedir. Farmakolojik olmayan profilaksi stratejileri arasında erken mobilizasyon, elastik kompresyon çorapları, pnömotik kompresyon cihazları, fizik tedavi programlarının erken başlatılması ve nöromüsküler elektrik stimülasyonu yer alırken; farmakolojik profilakside ise fraksiyone olmayan heparin, düşük molekül ağırlıklı heparin ve oral antikoagülanlar kullanılmaktadır (38, 39).

Kardiyovasküler Komplikasyonlar: SKY olan hastalarda kardiyovasküler komplikasyonlar hem akut hem de kronik dönemde mortalite ve morbiditenin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Supraspinal kontrolün kaybı ve otonomik disfonksiyonun sonucunda sempatik-parasempatik dengenin bozulması, kardiyovasküler sistemde çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Bu komplikasyonların sıklığı ve şiddeti, yaralanmanın seviyesi ve şiddeti ile doğrudan ilişkilidir. Özellikle T6 ve üzerindeki motor komplet lezyonlarda kardiyovasküler sorunlar daha belirgin görülmektedir. Akut dönemde en sık karşılaşılan komplikasyonlar nörojenik şok, bradiaritmi, hipotansiyon, artmış vazovagal refleksler, supraventriküler veya ventriküler ektopik atımlar, vazodilatasyon ve venöz stazdır. Kronik dönemde ise ortostatik hipotansiyon, kan basıncı, kan hacmi regülasyonunda bozulmalar, koroner arter hastalığı ve ateroskleroz gelişme riskinde artış söz konusudur (40).

Otonomik Disrefleksi: T6 seviyesinin üzerindeki SKY'de spinal şokun sonlanmasından sonra gelişen, potansiyel olarak yaşamı tehdit eden klinik bir tablodur. Supraspinal kontrolün kaybı nedeniyle, yaralanma seviyesinin altındaki zararlı visseral veya somatik uyaranlar sempatik refleksleri anormal şekilde tetikleyerek yaygın vazokonstriksiyon ve hipertansif kriz oluşturur. En sık tetikleyici

faktörler mesane ve barsak distansiyonu olup, bu süreç aşırı katekolamin salınımı, arteriyel vazokonstriksiyon ve ağır hipertansiyonla sonuçlanır. Beyin, servikal baroreseptörler ve kranial sinir IX–X aracılığıyla kan basıncı yüksekliğini algılar ve medulla oblongata üzerinden parasempatik yanıt oluşturmaya çalışır. Bu kompansatuvar yanıt, kalp hızında belirgin düşüşe ve ciddi bradikardiye yol açabilir. Kliniğinde şiddetli baş ağrısı, yüzde ve gövdede eritem, terleme, burun tıkanıklığı gibi bulgular görülür ve tedavi edilmediğinde serebral hemoraji dahil yaşamı tehdit eden komplikasyonlara neden olabilir. Otonomik disrefleksinin önlenmesi en etkili yaklaşımdır; bu nedenle mesane-barsak disfonksiyonu ve bası yaralarının gelişimi engellenmelidir. Klinik tablo geliştiğinde hastanın oturur pozisyona alınması, dar giysi ve ortezlerin çıkarılması, kan basıncının yakın takibi ve tetikleyici faktörün hızla ortadan kaldırılması gerekir. Tüm bu önlemlere rağmen sistolik kan basıncı yüksek seyrediyorsa farmakolojik tedavi uygulanmalıdır (41, 42).

Nörojenik mesane: Miksiyonun istemli kontrolü, sakral miksiyon merkezi, pons miksiyon merkezi ve periakuaduktal gri madde aracılığıyla serebral korteks tarafından sağlanır. Mesanenin dolum ve boşaltım fazları parasempatik, sempatik ve somatik sinir sistemlerinin etkileşimiyle düzenlenir. Parasempatik lifler S2–S4 segmentlerinden çıkarak detrüsör kontraksiyonunu sağlar, sempatik lifler T11–L2'den çıkarak depolama fazını düzenler, somatik lifler ise eksternal üretral sfinkteri kontrol eder. SKY'lerde lezyon seviyesine göre farklı nörojen mesane tipleri görülür. Suprasakral lezyonlarda refleks mesane aktivitesi gelişir ve detrusor aşırı aktivitesi ile sfinkter dissinerjisi ortaya çıkar. Sakral lezyonlarda detrüsör hipoaktif ya da akontraktil olabilirken sfinkter normal veya innervasyonu bozulmuş olabilir. İnfrasakral lezyonlarda ise periferik sinir sistemi tutulumu sonucu azalmış mesane duyusu ve artmış rezidüel idrar hacmi izlenir. Nörojen mesane tedavisinde amaç; üst üriner sistemi korumak, enfeksiyonları ve diğer komplikasyonları önlemek ve sosyal kontinansı sağlamaktır. Bu doğrultuda mesanenin düşük basınç altında idrar depolaması ve yine düşük basınç altında etkin boşaltım yapması hedeflenir. Tedavi; lezyon seviyesi, mesane tipi ve hastaya özgü faktörlere göre planlanır (43).

Nörojenik Bağırsak: SKY olan bireylerde yaşam kalitesi ve genel sağlığı olumsuz etkileyen önemli sorunlardan biridir. Nörojenik bağırsak; bağırsak

hareketleri üzerinde istemli kontrol kaybı, dışkı kaçışının farkında olamama ve dışkılama güçlüğü gibi alt gastrointestinal semptomlarla karakterizedir. SKY, özellikle kolon olmak üzere gastrointestinal sistemin çeşitli segmentlerinde dismotiliteye; pelvik taban ve rektal sfinkterlerde güçsüzlüğe ve anal-perineal bölgede duyu bozukluğuna yol açar. Lezyon seviyesine göre iki farklı tip görülür. Suprasakral yaralanmalarda kolon hiperrefleksisi gelişir; eksternal sfinkter, puborektalis ve pelvik taban kaslarının hiperrefleksisi rektosfinkter dissinerjisine neden olarak yüksek kolonik basınç, konstipasyon ve aralıklı fekal inkontinans ile sonuçlanır. Konus medullaris düzeyi ve altındaki yaralanmalarda ise kolon, rektum ve sfinkterlerde hiporefleksi veya flasidite izlenir. Bu tablo düşük basınçlı fakat kontrolsüz fekal inkontinans ile seyreder. Tedavide kişiye özel bağırsak boşaltım programı oluşturulması esastır. Bu amaçla, hastanın yaralanma öncesi bağırsak alışkanlıkları ve mevcut semptomları göz önünde bulundurularak lif ve sıvı açısından zengin bir diyet planlanır; gerektiğinde dijital stimülasyon, oral ya da rektal farmakolojik tedavilerle desteklenir (44).

Spastisite: Üst motor nöron sendromunun temel özelliklerinden biri olup; inme, serebral palsi, multipl skleroz, SKY ve beyin hasarı gibi santral sinir sistemi hastalıkları ve travmalarında önemli bir yeti yitimi nedenidir. Hipereksitabiliteye bağlı olarak gerim refleksinde hız bağımlı artış ile karakterize edilir ve artmış kas tonusu, artmış derin tendon refleksleri, klonus ve spazmlar ile seyreder. İnsidansı, yaralanmanın seviyesi ve şiddeti ile yakından ilişkilidir. Servikal SKY'de spastisite sıklığı ABS A olan bireylerde %93, ABS B–D olan bireylerde %78; torakal seviyede ise sırasıyla %72 ve %73 olarak bildirilmiştir. Daha alt seviyelerde alt motor nöron hasarı olasılığı nedeniyle görülme oranı daha düşüktür. Ayrıca inkomplet yaralanması olan bireylerde spastisitenin şiddeti daha fazla olabilmektedir. Spastisite yönetimi; kontraktür, ağrı, hijyen güçlüğü ve pozisyonlama gibi pasif sorunların azaltılması ya da fonksiyonel kısıtlılıkların yönetilmesi amacıyla uygulanır. Bununla birlikte eklem stabilitesini artırma, venöz dönüşe katkıda bulunma ve kas atrofisini önleme gibi bazı yararlı etkiler de gösterebilmektedir. Bu nedenle tedavi, hastanın genel durumu, spastisitenin şiddeti ve fonksiyonel hedeflere göre bireyselleştirilmelidir (45, 46).

Bası yarası: Dünya genelinde SKY olan bireylerde önemli bir morbidite ve mortalite nedenidir. Bası yarası prevalansı kronik SKY'de %30'a, akut rehabilitasyon döneminde ise %49'a kadar ulaşabilmektedir. Mobilite kısıtlılığı, motor ve duyu fonksiyon kaybı, yoğun bakım sürecinde takip gerekliliği ve yüksek yaralanma ciddiyet skorları bası yarası gelişiminde başlıca risk faktörlerini oluşturmaktadır. Bası yaraları, SKY'nin en sık görülen komplikasyonlarından biri olup, hastaneye yeniden yatışların da önde gelen nedenleri arasında yer almaktadır. Bası yaraları en sık sakrum, iskium, trokanter ve topuklarda görülür. Bası yaraları ile mücadelede önleme, en kritik stratejidir. Riskin düzenli olarak değerlendirilmesi, günlük cilt muayenelerinin yapılması, sık aralıklarla pozisyon değişimi ve uygun pozisyonlama ile birlikte basınç dağıtıcı desteklerin kullanılması bası yaralarını önlemede temel koruyucu yaklaşımlardır (47).

Heterotopik ossifikasyon (HO): İskelet sistemi dışında, yumuşak dokularda matür lamellar kemik oluşumu olarak tanımlanmaktadır. SKY'de bildirilen insidans %10–53 arasında değişmektedir. HO genellikle yaralanmayı takiben ilk 2–3 hafta içinde gelişmeye başlar ve çoğunlukla paralizi seviyesinin altında, özellikle kalçada ve ikinci sıklıkla diz ekleminde ortaya çıkar. Klinik olarak anlamlı HO gelişen SKY olan hastaların yaklaşık %20–30'unda eklem hareket açıklığında (EHA) azalma görülmektedir. HO'nun erken klinik belirtileri arasında eklem ve kas ağrısı, EHA'da kısıtlılık, lokal şişlik, eritem, ısı artışı ve subfebril ateş yer alır. Laboratuvar bulguları arasında serum kreatin fosfokinaz, alkalen fosfataz, eritrosit sedimantasyon hızı ve C-reaktif protein düzeylerinde artış gözlenebilir. Erken dönemde tanıda en değerli yöntemlerden biri üç fazlı kemik sintigrafisidir. Tedavide EHA egzersizleri, steroid olmayan antiinflamatuvar ilaçlar (NSAİİ) bifosfonatlar ve radyoterapi kullanılmaktadır. Klinik gereklilik halinde cerrahi rezeksiyon da uygulanabilmektedir (48).

Ağrı: SKY'nin en sık görülen komplikasyonlarından biridir ve bireyin fiziksel fonksiyonlarını, psikolojik durumunu, günlük yaşam aktivitelerini ve sosyal katılımını olumsuz etkiler. SKY ile ilişkili ağrının prevalansı %26 ile %96 arasında değişmektedir. Ağrı nörofizyolojik olarak nosiseptif ve nöropatik olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılır. Nosiseptif ağrı, doku hasarına bağlı olarak gelişir ve somatik ya

da visseral kökenli olabilir. Tedavisinde kas-iskelet sisteminin aşırı veya hatalı kullanımının önlenmesi, analjezikler, NSAİİ, opioidler, lokal enjeksiyonlar, egzersiz ve fizik tedavi yöntemleri (örneğin buz uygulaması veya transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS) kullanılabilir. Nöropatik ağrı, somatosensöriyel sistemdeki bir lezyon ya da hastalık sonucu ortaya çıkar. SKY'de en sık görülen ağrı tipi nöropatik ağrıdır ve prevalansı %18–53 arasında değişmektedir. Nöropatik ağrının etkin yönetimi, farmakolojik (gabapentin, pregabalin, trisiklik antidepresanlar) ve nonfarmakolojik yaklaşımların (fizik tedavi modaliteleri, egzersiz programları) birlikte kullanıldığı çok yönlü bir tedavi yaklaşımını gerektirir. Bu yöntemlerle yeterli yanıt alınamayan hastalarda invaziv girişimler veya cerrahi tedavi seçenekleri değerlendirilebilir (49, 50).

Seksüel disfonksiyon: SKY sonrası hastalarda seksüel fonksiyonlarda ve fertilitede belirgin bozulmalar görülebilmektedir. SKY sonrası seksüel uyum süreci; bireyin arzu, istek ve deneyimleri ile yaralanma öncesi dönemdeki alışkanlıklarına bağlı olarak değişmektedir. Fiziksel ve sosyal bağımsızlık düzeyi, vücut imajındaki değişiklikler, yetersizlik hissi, ruhsal durum ve yaralanma yaşı bu süreçte belirleyici faktörlerdir. Erkeklerde SKY sonrası ereksiyon, ejakülasyon, orgazm ve semen kalitesinde bozulma görülebilir ve bu durum üreme potansiyelinin azalmasına yol açar. Seksüel aktivite sıklığında, isteğinde ve tatmin düzeyinde de azalma bildirilmektedir. Kadınlarda ise, genital duyu, vajinal lubrikasyon ve orgazm dahil olmak üzere seksüel fonksiyonların farklı derecelerde etkilendiği bildirilmiştir. Tedavi yaklaşımları cinsiyete göre farklılık göstermektedir. Erkeklerde erektil disfonksiyonun tedavisinde fosfodiesteraz inhibitörleri, vakum cihazları, intrakavernöz enjeksiyonlar, penil protezler ve seksüel rehabilitasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Kadınlarda ise vajinal lubrikasyon problemlerinde topikal tedaviler, orgazm güçlüklerinde seksüel terapiler ve refleksojenik-psikojenik uyarılmayı artırmaya yönelik yöntemler kullanılmaktadır (51, 52).

Metabolik ve endokrin komplikasyonlar: SKY sonrası akut dönemde hipermetabolizma, artmış katabolizma hızı ve aşırı nitrojen kaybı gelişir. Bunun sonucunda yağsız kas kütlesi hızla azalırken protein sentezi düşer, adipoz doku artar ve glukoz alımı bozulur. Aynı dönemde artmış rezorpsiyona bağlı hızlı kemik kaybı

da ortaya çıkar. Bu kayıp çoğunlukla lezyon seviyesinin altında olup en sık distal femur ve proksimal tibia etkilenir. Kırık risk faktörleri arasında komplet yaralanma, parapleji, kadın cinsiyet, beyaz ırk ve yaralanma sonrası geçen sürenin uzunluğu sayılmaktadır. SKY sonrasında kemik metabolizmasındaki değişikliklerde mekanik, hormonal ve nörolojik faktörler birlikte rol oynamaktadır. İmmobiliteye bağlı mekanik yüklenmenin azalması, parathormon ve testosteronun azalmış etkileri ile kemik dokudaki sempatik uyarının kaybı ve otonomik innervasyonun bozulması kemik yıkımına katkıda bulunan başlıca mekanizmalardır. Kronik dönemde ise kas ve kemik kaybına ek olarak visseral yağ artışı, Tip I kas liflerinde atrofi, glukoz intoleransı, mitokondriyal disfonksiyon ve sarkopenik obezite gelişebilir. Bu durum insülin direnci, hiperinsülinemi, hipertansiyon, hiperlipidemi, düşük HDL düzeyleri ve yüksek C-reaktif protein ile karakterize kardiyometabolik risk profilini oluşturur. Sonuç olarak miyokard enfarktüsü, tip 2 diyabet, obezite ve kardiyak nedenli ölüm riski artmaktadır. Bu nedenle kronik SKY olan bireylerde düzenli insülin direnci ve metabolik sendrom taramalarının yapılması, değiştirilebilir risk faktörlerinin erken dönemde yönetilmesi büyük önem taşımaktadır (53, 54).

Psikolojik problemler: SKY yalnızca fiziksel değil, aynı zamanda psikolojik ve sosyal düzeyde de kalıcı etkiler yaratmaktadır. SKY sonrası en sık görülen psikiyatrik bozukluk depresyondur; prevalansı yaklaşık %22 olup, ilk 6 ayda her üç hastadan birinde depresyon gelişebilmektedir. Bunun dışında kaygı bozuklukları, travma sonrası stres bozukluğu, uyku sorunları ve artmış intihar riski sık rastlanan diğer psikolojik problemlerdir. Psikolojik problemlerin yönetiminde psikolojik danışmanlık, sosyal destek programları ve farmakolojik tedaviler kullanılmaktadır (55).

Posttravmatik siringomyeli (PTS): PTS, spinal kord içinde sıvı dolu kavite oluşumu ile karakterize SKY'nin kronik dönem komplikasyonudur. Beyin omurilik sıvısı (BOS) dinamiklerindeki bozulmaya bağlı olarak gelişir ve ilerleyici nörolojik kötüleşmeye yol açabilir. Klinik belirtileri arasında genellikle tek taraflı seyreden, boyun ve üst ekstremitelere yayılabilen ağrı; yaralanma seviyesinde veya altında yeni motor kayıplar; duyu seviyesinin yükselmesi ve otonomik değişiklikler yer alır. Özellikle ağrı ve sıcaklık duyusunun kaybolmasına rağmen dokunma ve basınç

duyusunun korunmasıyla karakterize “duyusal dissosiyasyon” PTS için tipik bir bulgudur. Ayrıca işeme refleksi veya bağırsak fonksiyonlarında yeni kayıplar gelişebilir. Tedavi edilmediğinde PTS, belirgin nörolojik kötüleşme ve fonksiyonel kayıplara neden olabilir. Yönetim stratejileri konservatif izlemlerden, BOS akışını düzeltmeyi ve ek nörolojik kötüleşmeyi önlemeyi hedefleyen cerrahi girişimlere kadar uzanmaktadır (56).

2.1.8. Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Fonksiyonel Değerlendirme

Spinal kord yaralanması sonrası fonksiyonel durumun düzenli değerlendirilmesi rehabilitasyon sürecinin ayrılmaz bir bileşenidir. Bu değerlendirmeler; tedavi etkinliğinin belirlenmesi, uygun hedeflerin oluşturulması, prognozun öngörülmesi ve bireye özgü müdahalelerin planlanması açısından kritik rol oynar. Fonksiyonel kapasitenin objektif biçimde ölçülmesini sağlayan çeşitli ölçeklerin kullanımı ise hastaların bağımsızlık düzeyinin artırılmasına ve klinik izlemin etkinliğine önemli katkı sunar (57).

Spinal kord yaralanması olan bireylerde günlük yaşam aktiviteleri, mobilite ve öz bakım becerilerindeki bağımsızlığı değerlendirmek için en sık kullanılan ölçekler Fonksiyonel Bağımsızlık Ölçeği (FBÖ) ve Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği-III (OYBÖ-III)’tür (58). Rehabilitasyon sürecinde ve tedavi sonrasında fonksiyonel bağımsızlığın yanı sıra ambulasyon kapasitesi ve yürüme hızının değerlendirilmesi de önem taşır. Bu amaçla en yaygın kullanılan testler 10 Metre Yürüme Testi (10MYT) ve Spinal Kord Yaralanması Yürüme İndeksi II (Walking Index for Spinal Cord Injury-WISCI II)’dir. 10MYT, yürüme hızını kantitatif olarak değerlendirerek hastanın toplum içindeki fonksiyonel hareketliliği hakkında bilgi sağlarken; WISCI II, bireyin yürüme kapasitesini kullandığı yardımcı cihazlar ve kişi desteği ihtiyacına göre değerlendirir. Literatürde, ambulasyonun en doğru biçimde değerlendirilmesi için 10MYT ve WISCI II’nin birlikte kullanılması önerilmektedir (59).

2.1.9. Spinal Kord Yaralanmasında Prognoz

Spinal kord yaralanması yalnızca fiziksel kayıplara yol açmakla kalmaz, aynı zamanda bireyin yaşamının tüm alanlarını etkileyen köklü değişikliklere neden olur. Yaralanma sonrasında hem hastalar hem de aileler açısından en çok merak edilen konu, iyileşme sürecinin nasıl seyredeceğidir. Bunun yanında, rehabilitasyon ekibinin gerçekçi hedefler koyabilmesi, taburculuk sonrası bakım planlamasını yapabilmesi ve uygun kaynakları organize edebilmesi için prognozun doğru biçimde öngörülmesi kritik öneme sahiptir (60).

Nörolojik iyileşmenin en hızlı gerçekleştiği dönem yaralanmayı izleyen ilk üç aydır. Toplam iyileşmenin büyük bölümü ilk 6–9 ayda görülmekte, 12–18 ay sonrasında ise motor kazanımlar genellikle plato yapmaktadır. Prognozun öngörülmesinde, yaralanmayı izleyen ilk 72 saat içerisinde yapılan nörolojik değerlendirmenin önemli bir yol gösterici olduğu bildirilmektedir. Erken dönemde yapılan bu değerlendirme, sonraki iyileşme sürecine ilişkin değerli ipuçları sağlamaktadır. Nörolojik iyileşmenin derecesi, başlangıçtaki ABS sınıfı ile yakından ilişkilidir. Genel olarak iyileşme düzeyi en yüksek olan grup ABS C olup, bunu sırasıyla ABS B, ABS D ve ABS A grupları izlemektedir. Komplet yaralanmalarda ilk yıl içerisinde motor değişiklikler sınırlı kalırken, ABS D grubunda ise başlangıçta yüksek fonksiyonel düzey nedeniyle "tavan etkisi" ortaya çıkmakta, kazanımlar daha az olmakla birlikte nihai motor skorlar en yüksek düzeyde gerçekleşmektedir (26, 60).

Yürüme kapasitesinin en güçlü belirleyicisi yine başlangıçtaki yaralanma şiddetidir. Komplet yaralanmalarda bağımsız yürüyüş nadir görülürken, duyusal inkomplet yaralanmalarda yürüyebilme potansiyeli daha yüksektir. Özellikle iğne batırma duyusunun korunmuş olması, fonksiyonel ambulasyon için kritik bir prognostik faktör olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte alt ekstremite motor fonksiyonunun korunma derecesi, yürümeyi en güçlü öngören faktör olarak kabul edilmektedir. Erken dönemde alt ekstremite motor fonksiyonu yüksek olan bireylerin bir yıl içinde toplum içinde bağımsız yürüyüşe ulaşma olasılığı belirgin derecede fazladır. Özellikle kalça fleksörlerinde veya diz ekstansörlerinde ≥2/5 kas kuvveti kazanımı, ilerleyen dönemde ambulasyon kapasitesini öngörmede önemli bir

göstergedir. Erken dönemde diz ekstansörlerinde ≥3/5 kuvvet gelişimi olan bireylerin kısa sürede fonksiyonel yürüyüşe ulaşabildiği; bu kazanımı gösteremeyenlerin ise düşük oranda bağımsız yürüyebildiği bildirilmiştir (26, 60).

Yaralanma düzeyi de prognoz üzerinde etkili olmakla birlikte, tek başına belirleyici değildir. Paraplejik bireylerde ambulasyon oranlarının tetraplejiklere göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Tetraplejik bireylerin benzer yürüyüş düzeyine ulaşabilmeleri için paraplejiklere kıyasla daha yüksek motor skorlara ihtiyaç duyması, gövde kaslarındaki yetersizlikler ve üst ekstremite fonksiyon kaybı ile açıklanmaktadır. Ayrıca üst ekstremitelerdeki fonksiyon kaybına bağlı yürümeye yardımcı cihazların etkin kullanımındaki kısıtlılık da bu farklılığa katkıda bulunmaktadır (26, 60).

Yaş faktörü de iyileşme sürecinde önemli bir değişkendir. Genel olarak genç bireylerde hem motor iyileşme hem de ambulasyon oranları daha yüksektir. Özellikle 50 yaşın üzerindeki hastalarda yürüme olasılığının belirgin şekilde düştüğü gösterilmiştir. Aynı yaralanma tipi ve şiddetinde dahi, genç bireylerde fonksiyonel ambulasyon oranlarının yaşlılara göre iki katına varan düzeyde daha yüksek olduğu bildirilmektedir (60).

2.1.10. Spinal Kord Yaralanmasında Rehabilitasyon

Spinal kord yaralanması sonrası rehabilitasyon, bireyin günlük yaşam aktivitelerine katılımını artırmayı, bağımsız fonksiyonel düzeye ulaşmasını desteklemeyi ve komplikasyonları önlemeyi amaçlayan bütüncül bir yaklaşımdır. Bu süreçte, hastanın potansiyel fonksiyonel sonucunun doğru öngörülmesi, rehabilitasyon planının etkin biçimde hazırlanabilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Fonksiyonel prognoz; yaralanma düzeyi, ABS, yaş, komorbiditeler, motivasyon ve aile desteği gibi faktörler dikkate alınarak belirlenir (61).

Rehabilitasyon süreci yoğun bakımda başlamakta ve tıbbi, fiziksel, psikososyal, rekreasyonel ve mesleki gereksinimleri kapsayacak şekilde sürdürülmektedir. Genel durumu stabil hale gelen hastalarda erken dönemde öncelik,

sekonder komplikasyonların önlenmesidir. Bu komplikasyonların kontrolü yalnızca fonksiyonel kazanımları artırmakla kalmaz, aynı zamanda bakım maliyetlerini de azaltır. SKY'ye özgü rehabilitasyonun gecikmeden başlatılması, nihai fonksiyonel kapasitenin korunması açısından kritik öneme sahiptir (1).

Nörolojik olarak stabil durum sağlandıktan sonra temel hedef, kontraktür, bası yarası, kas atrofisi ve ağrı gibi komplikasyonların önlenmesidir. Bu amaçla hastalar doğru şekilde pozisyonlanmalı, ortalama iki saatte bir pozisyon değişikliği yapılmalıdır. Ayrıca pasif, aktif-yardımlı ve aktif EHA egzersizleri, germe egzersizleri, istirahat ortezleri ve yatak kenarında oturma çalışmaları erken dönemde başlanması gereken yaklaşımlar arasında yer alır (1, 62).

Subakut dönemde hedef, fonksiyonel kapasitenin yeniden kazandırılmasıdır. Bu dönemde dönme, dirsek ve el desteğiyle pozisyon alma, kısa ve uzun oturma ile transfer eğitimleri uygulanır. Transferlerin kolaylaştırılması için kaydırma tahtaları kullanılabilir; oturma dengesi sağlandıktan sonra tekerlekli sandalye ile mobilizasyon eğitimi verilir. Duyusal kaybı olan bireylerde bası yaralarını önlemek amacıyla hava yatağı kullanımı ve belirli aralıklarla "push-up" egzersizleri önerilmektedir. Denge ve ayakta durma çalışmaları eğik masa (tilt-table) ile başlatılır; bu uygulama gerekli refleksleri uyarır ve ortostatik hipotansiyonun önlenmesine katkı sağlar. Ardından ayakta durma sehpası (standing table) çalışmaları ve yürüme için paralel bar egzersizleri uygulanır (62, 63).

Kronik dönemde temel amaç, komplet ve inkomplet paraplejik hastalarda bağımsız mobilizasyonun sağlanmasıdır. Ambulasyon sosyal, ev içi veya egzersiz amaçlı olabilir. Sosyal ambulasyon için bireyin desteksiz ya da yardımcı cihazlarla en az 50 metre yürüyebilmesi gerekirken, ev içi ambulasyon bağımsız veya kısmi yardımla yürümeyi ifade eder. Egzersiz amaçlı ambulasyon ise transfer ve yürüme için daha yoğun desteğe ihtiyaç duyulan durumlarda uygulanır. Ambulasyon potansiyeli; yaralanma seviyesi, yaş, kilo, genel sağlık durumu, motivasyon ve spastisite gibi faktörlerden etkilenmektedir (1, 61).

Günümüzde konvansiyonel yaklaşımların yanı sıra fonksiyonel elektrik stimülasyonu (FES), robotik rehabilitasyon, iş-uğraşı terapileri, invaziv olmayan beyin stimülasyonu ve sanal gerçeklik gibi teknolojiler de rehabilitasyon sürecine entegre edilmektedir. Ayrıca ihtiyaç halinde uygun ortezler ve yardımcı yürüme cihazları planlanmalı, ev ortamında gerekli düzenlemeler (örneğin tutunma barları, kapı genişletmeleri) yapılmalıdır (1, 61, 63).

Rehabilitasyonun başarısı, multidisipliner ekibin hasta ve ailesini sürece aktif biçimde dahil etmesine bağlıdır. Her ekip üyesi bakımın farklı aşamalarında ve hasta-aile eğitiminde kritik roller üstlenir. Akut rehabilitasyonda yatış sürelerinin kısalması, bireyin topluma güvenli ve zamanında taburculuğunu sağlamak için ekip koordinasyonunu daha da önemli hale getirmiştir. Bu nedenle düzenli ekip toplantıları yapılmalı ve erken dönemde ev ortamı değerlendirmeleri gerçekleştirilmelidir (1, 62).

Taburculuk sonrası dönemde SKY olan hastaların deneyimli bir ekip tarafından düzenli olarak takip edilmesi önerilmektedir. İşe dönüş ve istihdam, SKY sonrası toplumsal katılımın en önemli göstergelerindendir; bu hem bireyin ekonomik bağımsızlığını hem de toplumsal değerini artırır (1, 61, 63).

2.2. ROBOT YARDIMLI YÜRÜYÜŞ EGZERSİZLERİ

2.2.1. Robot Yardımlı Yürüyüş Eğitiminin Temelleri

Rehabilitasyon amacıyla geliştirilen robotik sistemler; farklı tasarım ve boyutlarda üretilebilen, programlanabilir ve çok fonksiyonlu cihazlardır. Alt ve üst ekstremiteye ayrı ya da birlikte uyarlanabilen bu sistemler, ritmik sensöriyal uyaranlar aracılığıyla erken, yoğun ve görev-spesifik egzersizlerin yapılmasına olanak tanır (64).

Günümüzde nörorehabilitasyon yaklaşımları; motor kontrolün sistem modellerine, nöroplastisite kavramına, motor öğrenme prensiplerine ve fonksiyonel hareketin temel dinamiklerine dayanmaktadır. Tekrarlayıcı hareketlerin, santral sinir

sisteminde yeni nöronal bağlantıların oluşumu ve bu bağlantıların kalıcılığında önemli rol oynadığı bilinmektedir. Ancak egzersiz yoğunluğunun tek başına artırılması veya yalnızca sık tekrarlı uygulamalar, optimal motor öğrenme için yeterli değildir. Sinir sistemi plastisitesinin gelişebilmesi için erken dönemde başlatılan, yoğun ve görev odaklı egzersiz programlarına ihtiyaç vardır (3, 65).

Yazılım ve elektronik alanlarındaki teknolojik ilerlemelerle birlikte, 1980'li yılların sonlarından itibaren SKY rehabilitasyonu alanındaki çalışmalar, hareketi başlatan veya destekleyen harici motorize ya da robotik sistemleri de kapsayacak şekilde genişlemiştir. Bu sistemler, tekrarlayıcı ve fonksiyonel hareketler yoluyla nörolojik iyileşmeyi ve nöral plastisiteyi desteklemekle birlikte, geleneksel ortez ve tekerlekli sandalye desteğinin ötesinde mobilite sağlamayı amaçlamaktadır (65, 66).

Yürüme, kortikal ve subkortikal alanların etkileşimiyle kontrol edilen karmaşık, döngüsel bir motor beceridir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, spinal kordun yalnızca üst merkezlerden gelen emirleri ileten pasif bir yapı olmadığını, aksine proprioseptif girdileri işleyerek supraspinal kontrol olmaksızın da yürüme ve ayakta durma fonksiyonlarını kısmen organize edebildiğini göstermiştir. İnsan yürüme sistemi; istemli (primer motor korteks, premotor alan, somatosensoriyel ve vizüel korteks) ve istemsiz (serebellum, beyin sapı, spinal kord ve kas proprioseptörleri) mekanizmaların koordine biçimde çalışmasıyla yürütülür (67, 68).

Yürümenin ritmik ve otomatik bileşenlerini düzenleyen en önemli nöral mekanizmalardan biri santral patern jeneratörlerdir (SPJ). SPJ, beyin sapı ve spinal kordda bulunan internöron gruplarından oluşur ve duyusal afferent girdi olmasa dahi ritmik motor aktiviteler üretebilir. Beyin sapındaki SPJ'ler; denge, göz hareketlerinin koordinasyonu ve stereotipik hareketlerin düzenlenmesi gibi işlevlerin yanı sıra, antigravite kaslarının aktivasyonunu da sağlar. Yenidoğan döneminde gözlenen "adımlama yürüyüşü" (neonatal stepping reflex), SPJ sisteminin erken dönemdeki fonksiyonel göstergesidir. Erişkin dönemde ise yürümenin ritmik ve otomatik bileşenleri, bu spinal devreler tarafından oluşturulur ve beyinden inen tonik sinyaller aracılığıyla modüle edilir. Ekstremite proprioseptörlerinden gelen duyusal girdiler SPJ aktivitesini güçlendirir. Beyin sapından inen yollar yürüyüşün başlatılmasında ve

hızının düzenlenmesinde rol oynarken, serebellum dengenin korunması, adımlamanın zamanlaması ve şiddetinin ayarlanmasını sağlar. (67-69).

Propriyoseptif girdiler adımın zamanlamasını ve genliğini düzenlerken, deri reseptörlerinden gelen duysal inputlar da yürüyüş sırasında beklenmeyen çevresel değişimlere uyumu sağlar. Medulla spinalis, santral veya propriyoseptif girdiler olmadan da belirli refleksif hareketler üretebilir. Bu özellik SPJ fonksiyonuna katkıda bulunur ve nöronal plastisite kapasitesini destekler. Spinal nöral devreler sensöriyal girdilere yanıt verebilir, tekrarlayan aktiviteyle yeni davranış kalıpları oluşturabilir ve bu kalıpları kalıcı biçimde modifiye edebilir (3, 67, 69).

Lokomotor eğitimle birlikte, spinal nöral ağların kortikal kontrolünün reorganize olabildiği gösterilmiştir. Bu nöronal reorganizasyon, spinal ağlar ile supraspinal merkezler arasındaki yeni bağlantıların oluşumu ve inaktif rezidüel yolların aktivasyonu yoluyla gerçekleşmektedir. Fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRG) çalışmalarında, robotik kontrollü hareket sırasında kortikal ve serebellar sensorimotor bölgelerde artmış aktivasyon gözlenmiş ayrıca insula ve amigdala gibi motivasyon ve motor hafıza ile ilişkili derin beyin bölgelerinin de aktive olduğu gösterilmiştir (65, 66, 69).

Ambulasyon eğitimi hem konvansiyonel yöntemlerle hem de robot yardımlı sistemlerle gerçekleştirilebilmektedir. Konvansiyonel rehabilitasyon, terapist eşliğinde manuel destek ve egzersiz temelli bir yaklaşımla yürütülürken; robotik rehabilitasyon, teknolojik donanım aracılığıyla hareketin tekrarını ve sürekliliğini artırır. Ritmik sensöriyal uyaranlar eşliğinde erken, yoğun ve görev odaklı egzersizlerin uygulanmasını sağlayan robotik sistemler, nöroplastisiteyi destekleyerek fonksiyonel iyileşmeyi kolaylaştırmaktadır. Robot yardımlı yürüme sistemleri, bilgisayar kontrollü mekanizmalar aracılığıyla yürüme döngüsünü simüle eder. Bu sistemler genellikle yürüme bandı üzerinde vücut ağırlığını destekleyen bir süspansiyon ünitesi, yürüme ortezleri ve sensör tabanlı kontrol birimlerinden oluşur. Egzersiz sırasında bilgisayar arayüzü, hastanın performansına ilişkin biyogeribildirim sağlar ve terapiste egzersizin kalitesi hakkında nicel veri sunar.

Böylece tedavi bireyselleştirilebilir ve hastanın gereksinimlerine uygun bir rehabilitasyon programı planlanabilir (64, 66).

2.2.2. Robotik Rehabilitasyon Sistemlerinin Sınıflandırılması

Robotik sistemler; günlük yaşam aktivitelerinde yardımcı robotlar, hareket desteği robotları, bilişsel robotlar ve terapötik egzersiz robotları olmak üzere dört ana gruba ayrılmaktadır. Rehabilitasyon amacıyla kullanılan terapötik egzersiz robotları ise; üst ve alt ekstremiteye yönelik sabit egzersiz robotları ile vücuda giyilebilen robotik sistemler (robotik ortezler) olarak sınıflandırılır. Tedavide kullanılan bu terapötik sistemler, işlevsel özelliklerine göre **ekzoskeleton** ve **end-efektör** tipleri olmak üzere iki grupta incelenmektedir (64, 69).

End-efektör sistemlerde, alt ekstremite için taban, üst ekstremite için ise mekanik bir kol aracılığıyla ekstremitenin distal segmenti çalıştırılarak hareket oluşturulur. Bu sistemlerde robotik cihaz ile hastanın eklemleri aynı anatomik eksende hizalanmaz; cihaz, hedefe yönelik egzersizleri distal uçtan mekanik kuvvet uygulayarak gerçekleştirir. Kinetik zincirin son halkası olan el veya ayak üzerinden destek sağlanır ve proksimal eklemlerin aktif katılımı gerekir. Ancak bu sistemler, kalça ve diz gibi proksimal eklemleri kontrol etmede yetersiz kaldığından, kontrolsüz hareketler veya anormal yürüyüş paternleri gelişebilir (64, 69).

Ekzoskeleton tipi robotik cihazlar, hareketli ve sabit olmak üzere iki ana gruba ayrılır. End-efektör sistemlerin aksine, bu cihazlarda her bir eklem bağımsız olarak kontrol edilir ve hastanın eklemleri robotik yapı ile aynı anatomik eksende hizalanır. Bu özellik, hareketin fizyolojik paternine daha yakın bir yürüyüşün sağlanmasına olanak tanır. Ekzoskeleton sistemler; ağırlık destek üniteleri, hareket düzeltme ve akıllı kontrol mekanizmaları içerebilir. Ayağın zeminle tam temasıyla oluşan reaksiyon kuvvetleri, alt ekstremitelerde uygun sinerjik kas yanıtlarını uyararak yürüyüşün stabilizasyonuna katkı sağlar. Ekzoskeleton sistemlerin tasarımı daha karmaşık olup, üretim maliyetleri end-efektör sistemlere göre daha yüksektir. Ancak proksimal eklemleri de desteklemeleri sayesinde, anormal postür ve yürüyüş paternlerinin gelişme olasılığı belirgin biçimde daha düşüktür (64, 69).

2.2.3. Alt Ekstremite Rehabilitasyon Robotu (Lokomat®)

Lokomat®, yürüyüş bandı temelli ekzoskeleton tipinde bir alt ekstremite robotik rehabilitasyon cihazıdır. Aktüatörlü kalça ve diz eklemlerine sahip robotik bir ekzoskeleton, dinamik vücut ağırlığı destek mekanizması ve yürüme bandı (treadmill) bileşenlerinden oluşur. Bu yapı, kontrollü bir ortamda tekrarlayıcı, yoğun ve göreve özgü yürüme eğitimi yapılmasına olanak tanır. Cihaz hem erişkin hem de pediatrik hastalarda kullanılabilir ve bireysel farklılıklara göre ayarlanabilir (6, 70).

Egzersiz sırasında, bilgisayar ara yüz programları aracılığıyla hastaya görsel geri bildirim sağlanır; bu sayede tedavi kişiselleştirilebilir ve hastanın gereksinimlerine göre özelleştirilmiş bir rehabilitasyon planı oluşturulabilir. Oyun temelli egzersiz modülleri, hastanın motivasyonunu ve tedaviye katılımını artırırken, sistem aynı zamanda objektif EHA ve izometrik kas gücü ölçümlerinin yapılmasına da imkân tanır. Bu ölçümler, hastanın klinik gelişiminin izlenmesi ve tedavi parametrelerinin dinamik biçimde uyarlanması açısından önemlidir (6, 64, 70).

Lokomat®, yürüme sırasında vücut ağırlığının bir kısmını destekleyerek hastanın güvenli şekilde dik pozisyonda kalmasını sağlar ve fizyolojik yürüme paternine en yakın hareketin elde edilmesine yardımcı olur. Cihazın sağladığı mekanik destek, terapistin fiziksel yükünü azaltırken, dikkatini hastanın performansına ve egzersiz kalitesine yönlendirmesine olanak verir (6, 70).

Klinik araştırmalar ve sistematik derlemeler, Lokomat®, destekli yürüme eğitiminin inme, SKY, serebral palsi ve diğer nörolojik hastalıklarda yürüme hızı, yürüme mesafesi, kas gücü ve dengeyi artırabildiğini göstermektedir. Bununla birlikte, Lokomat®, ’ın geleneksel fizik tedavi yöntemlerine üstünlüğü konusunda literatürde fikir birliği bulunmamaktadır. Cihazın sağladığı avantajlar arasında objektif geri bildirim imkânı, yüksek yoğunlukta ve standardize egzersiz yapabilme kapasitesi ile nöroplastisiteyi desteklemesi yer alırken; optimal parametrelerin belirlenmesi, hastanın aktif katılımının sürdürülmesi ve klinik entegrasyonda karşılaşılan güçlükler potansiyel sınırlılıklar olarak bildirilmektedir (6, 70, 71).

2.3. FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU

2.3.1. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu ve Temel Prensipler

Elektrik stimülasyonu, nöromüsküler sistemin düşük voltajlı elektrik akımı ile uyarılması esasına dayanır. Kullanım amaçları genel olarak diagnostik, terapötik ve fonksiyonel olmak üzere üç ana başlık altında incelenir (72).

Elektriksel stimülasyonun terapötik etkinliği, çeşitli teknik parametreler tarafından belirlenir. Bu parametreler; dalga şekli, uyarı süresi, uyarı frekansı, uyarı amplitüdü, rampa yükselme süresi, rampa düşme süresi, uyarı verilme süresi ve dinlenme süresi olmak üzere yedi temel bileşenden oluşur. Bu değişkenlerin her biri, uyarının kas ve sinir dokusu üzerindeki fizyolojik etkilerini ve klinik yanıtı doğrudan etkiler (73).

1. **Dalga şekli**, elektrik akımının formunu ifade eder ve genellikle simetrik veya asimetrik, tek fazlı (monofazik) ya da çift fazlı (bifazik) özellik gösterebilir.

2. **Uyarı süresi**, tek bir elektrik impulsunun süresini tanımlar. Genellikle 1–300 mikrosaniye aralığındaki darbe süreleri, terapötik uygulamalarda kas kasılmasını indüklemek için kullanılmaktadır.

3. **Uyarı frekansı**, birim zamanda verilen uyarı sayısını belirtir ve kasın kasılma tipi ile kuvvetini etkileyen önemli bir parametredir.

4. **Uyarı amplitüdü**, hedef kasta kasılma oluşturmak için gerekli olan akım yoğunluğunu temsil eder.

5. **Rampa yükselme süresi**, akımın sıfırdan maksimum genliğe ulaşması için geçen süredir; hastanın konforunu artırır ve ani kasılmaların önlenmesine yardımcı olur.

6. **Rampa düşme süresi**, akımın maksimum seviyeden sıfıra geri dönmesi için geçen süredir ve kasın gevşeme fazının fizyolojik biçimde gerçekleşmesini sağlar.

7. **Uyarı verilme ve dinlenme süreleri**, stimülasyonun uygulama ve toparlanma dönemlerini tanımlar. Her kas kasılması periyodunu bir gevşeme süresi izlemelidir; böylece kas yorgunluğu azaltılır. Genellikle dinlenme süresinin uyarı süresinden daha uzun tutulması önerilmektedir.

2.3.2. Fizyolojik Etkiler ve Kas Adaptasyonları

Nöromüsküler elektriksel stimülasyon (NMES), sağlam alt motor nöronlara sahip paralizili veya paretik kasların terapötik ya da fonksiyonel amaçlarla elektriksel olarak uyarılmasıdır. NMES, alçak frekanslı akımlar aracılığıyla kas ve sinir dokusunda iyon değişimleri oluşturarak motor ve duyusal sinirlerde aksiyon potansiyeli üretir. Uygun impuls formu ve amplitüd kullanıldığında kas ve sinir liflerinde senkronize uyarım sağlanır. Terapötik NMES, EHA'da azalma, kas gücü kaybı, tonus artışı, fiziksel kondisyon düşüklüğü gibi durumlarda uygulanmaktadır. Tekrarlayıcı uyarılar yoluyla paralize kaslarda fonksiyonel iyileşmeyi ve nöromüsküler kontrolün yeniden kazanılmasını hedeflemektedir (74-76).

Kronik, sürekli ve düşük frekanslı elektriksel stimülasyon uygulamaları, hızlı kasılan tip IIb kas liflerinde yavaş kasılan tip I liflere benzer özelliklerin gelişmesine yol açmaktadır. Bu dönüşüm, kas liflerinin yapısal ve kontraktil özelliklerinde belirgin değişimlerle birlikte gerçekleşir. Süreç boyunca tip IIb liflerinde enerji üretiminde baskın olan anaerobik glikolitik metabolizma yerini, tip I liflerinde karakteristik olarak görülen aerobik Krebs siklusuna bırakır. Metabolik düzeydeki bu yeniden yapılanma, oksijen tüketiminin ve kapiller yoğunluğun artışıyla birliktedir. Bu adaptasyonların sonucu olarak kasın oksidatif kapasitesi yükselir ve yorgunluğa karşı dayanıklılığı arttırdığı düşünülmektedir (74, 75).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu, kas kasılmasının elektriksel impulslarla belirli bir düzende indüklendiği tedavi yöntemidir. NMES'in bir alt tipi olan FES,

innerve kaslarda belirli fonksiyonel hareketlerin gerçekleştirilmesini hedefler. Elektriksel uyarı, motor sinirler aracılığıyla hedef kasa iletilerek kas liflerinde kasılma yanıtı oluşturur. FES'in etkili olabilmesi için ilgili motor sinirlerin sağlam olması, nöromüsküler kavşak ve kas dokusunun uyarıya yanıt verebilir yapısal bütünlüğe sahip bulunması gerekir. Bu nedenle, ikinci motor nöron bütünlüğünün korunduğu durumlarda uygulanır. Özellikle SKY, inme, serebral palsi ve multipl skleroz gibi santral sinir sistemi hastalıklarında yaygın biçimde kullanılmaktadır (77).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonunun amacı yalnızca kas kasılması oluşturmak değil, istemli hareket sırasında kasın fonksiyonunu desteklemek ve güçlendirmektir (78). Bu nedenle pasif NMES uygulamalarından farklı olarak FES, aktif hasta katılımı ve görev odaklı uygulamaları içerir. Fonksiyonel hedefler arasında ayakta durma, yürüme, üst ekstremite fonksiyonlarının geliştirilmesi, solunumun desteklenmesi ve mesane kontrolünün sağlanması yer almaktadır (76, 78).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu cihazları; stimülasyon üreten bir stimülatör, uyarı parametrelerini ayarlayan kontrol modülü, hareketin izlenmesini sağlayan geribildirim birimi ve elektrotlardan oluşur. Elektrotlar, kullanım amacına göre yüzeyel (transkutanöz), perkütan veya implante biçimlerde yerleştirilebilir (77).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu uygulamalarında kas kasılma gücüne göre stimülasyon süresi, amplitüdü ve frekansı ayarlanır. Optimum frekans, senkronize kas kasılmasını sağlayan en düşük frekans olarak tanımlanır. Frekansın artması kas kuvvetini artırmakla birlikte, yüksek frekanslı uygulamalarda yorgunluk gelişebilir. Uyarı amplitüdü ve süresinin artırılması, daha fazla motor ünitenin aktive olmasını sağlayarak kas kuvvetini yükseltir. Geniş çaplı motor nöronlar, düşük uyarı eşiğine sahip olduklarından önce aktive olur; ardından daha küçük motor üniteler devreye girer (75, 79).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonunda monofazik (doğru akım) veya bifazik (alternatif akım) dalga formları kullanılabilir. Monofazik akımlar tek yönlü olup termal hasar riski taşırken, bifazik akımlar anot ve katot elektrotların dönüşümlü yer değiştirmesiyle (alternan bifazik stimülasyon) daha güvenli kabul edilir. Bifazik

akımların net elektrik yükü sıfırdır; ilk faz sinir liflerinde aksiyon potansiyeli oluştururken, ikinci faz yük dengesini sağlayarak çevre dokuların korunmasına katkıda bulunur (75).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu sistemleri, fonksiyonel aktiviteler sırasında kas kasılmalarını manuel olarak hasta tarafından ya da stimülatör tarafından otomatik olarak tetiklenecek şekilde programlanabilir. Bisiklet sürme veya yürüme gibi aktivitelerle entegre biçimde kullanılabilen FES cihazları, bilgisayar ara yüzü aracılığıyla kontrol edilebilir ve giyilebilir formda tasarlanabilir (77, 79).

2.3.3. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi, bireyin istemli hareket yeteneğinden bağımsız olarak alt veya üst ekstremite kaslarının elektriksel stimülasyonla pedal çevirmesini sağlayan bir sistemdir. Bilgisayar tarafından üretilen düşük voltajlı elektrik akımı, transkütan elektrotlar aracılığıyla kaslara iletilir ve koordineli kasılmalar sonucu pedal çevirme hareketi oluşturulur. Sistem, stimülatör–bisiklet yazılımı, ergometri ünitesi ve 12 çift elektrottan oluşur; entegre ekran aracılığıyla hastaya görsel geribildirim sağlar. Bu yapı, motorlu ergometri bisikleti ile FES tekniğini birleştirerek tekrarlayıcı, ritmik ve görev odaklı egzersizlerin uygulanmasına olanak tanır (77, 80).

Alt ekstremite uygulamalarında, pedalın hızı ve açısına bağlı olarak kuadriseps, hamstring, gluteus, gastroknemius ve tibialis anterior kasları belirli bir sıra içinde aktive edilir (78, 81). Pedal çevirme hareketi, yürüme fizyolojisine benzer biçimde, fleksiyon ve ekstansiyon evrelerinde agonist ve antagonist kas gruplarının koordine biçimde çalışmasını gerektirir. Yüzeyel elektrotların yanı sıra implante elektrotlar da kullanılabilmektedir. Ancak bu yöntem, cilt irritasyonunu azaltma avantajına sahip olsa da invaziv bir uygulama olması nedeniyle klinik pratikte daha sınırlı biçimde tercih edilmektedir (78, 82).

2.3.4. Nörofizyolojik İyileşme Mekanizmaları ve Nöroplastisite

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisinin rehabilitasyondaki etkinliği, tekrarlayıcı ve uzun süreli elektriksel uyarıların sinir sisteminde kalıcı nörofizyolojik değişiklikler oluşturabileceği hipotezine dayanmaktadır. Rehabilitasyon programlarıyla birlikte uygulandığında santral sinir sisteminde nöroplastisiteyi ve kortikal motor öğrenmeyi indükleyerek kaybedilen fonksiyonların yeniden kazanılmasına katkı sağladığı bildirilmektedir (79, 80, 82).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonunun etkileri; primer motor ve somatosensoriyel alanlarda artan aktivasyon, sinaptik iletimin düzenlenmesi, gen ekspresyonu değişiklikleri, aksonal büyümenin hızlanması ve periferik sinirlerin yeniden miyelinizasyonu gibi nöroplastik süreçlerle açıklanmaktadır (79). Fonksiyonel görüntüleme çalışmaları, FES'in birincil motor, somatosensoriyel ve premotor korteks aktivasyonunu artırdığını; ayrıca suplementer motor ve sekonder somatosensoriyel alanlarda iki taraflı aktiviteyi uyardığını göstermiştir (79, 82).

Klinik ve deneysel araştırmalar, FES'in kortikospinal yolak aktivitesini artırarak sinir iletim yollarında yeniden yapılanmayı tetiklediğini göstermektedir (79). Elektriksel uyarının alfa motor nöronlarda oluşturduğu antidromik aktivasyon, motor yolaklarda yeni sinaptik bağlantıların gelişimini destekler. Ayrıca FES'in Beyinden köken alan nörotrofik faktör (Brain-Derived Neurotrophic Factor-BDNF) ve Sinir büyüme faktörü (Nerve Growth Factor-NGF) ve miyelin protein düzeylerini artırarak aksonal büyüme ve remiyelinizasyonu hızlandırdığı bildirilmiştir (5, 75, 79).

Elektriksel stimülasyon, spinal nöronların uyarılabilirliğini artırarak nöroplastisiteyi kolaylaştırır ve düşük düzeydeki afferent girdilerin bile istemli motor fonksiyonları tetiklemesine olanak sağlar (76). FES'in istemli motor komutlarla eşzamanlı uygulanması, nöroplastik değişikliklerin gelişiminde belirleyici bir rol oynar. Beyinden inen sinyaller ile FES'in oluşturduğu antidromik uyarılar, ön boynuz düzeyindeki kortikospinal sinapslara aynı anda ulaştığında sinaptik iletim güçlenir. Bu mekanizma, motor aksonlar, propriyoseptif afferentler, motor nöronlar ve internöronlar arasındaki bağlantıların yeniden düzenlenmesini içerir (75, 79, 83).

Spinal kord yaralanması olan bireylerde FES'in hem nöromüsküler kaybı önleyici doğrudan etkileri hem de kardiyopulmoner sağlığı destekleyici dolaylı katkıları gösterilmiştir. Ancak bu etkilerin altında yatan nörofizyolojik mekanizmalar tam olarak aydınlatılamamıştır. FES'in nörolojik iyileşme üzerindeki etkilerini açıklamak üzere literatürde iki ana mekanizma üzerinde durulmaktadır: sinaptik düzeyde yeniden yapılanmayı tanımlayan Hebb tipi plastisite ve ritmik motor aktivitenin düzenlenmesinde rol oynayan santral patern jeneratör (SPJ) sistemi (5, 75, 79).

Hebb teorisi, bir nöronun aktivasyonu başka bir nöronla zamansal olarak eşleştiğinde aralarındaki sinaptik bağlantının güçlendiğini öne sürer (75). FES'in iyileştirici etkilerini açıklayan olası mekanizmalar arasında;

1. **Adaptif plastisitenin yönlendirilmesi:** SKY sonrası artan nöroplastisite her zaman fonksiyonel değildir. FES, düzenli kas aktivasyonu yoluyla bu plastisiteyi adaptif biçimde yönlendirir.

2. **Korunmuş nöral ağların yeniden aktivasyonu:** Pasif ekstremite hareketleri, fizyolojik hareketlerle aynı kortikal motor alanları uyarabilir. FES, lezyon çevresinde korunmuş sensörimotor yolları aktive ederek fonksiyonel iyileşmeyi destekler.

3. **Beyin–makine arayüzü ile entegrasyon:** Beyin kontrollü FES sistemlerinde, istemli kas aktivitesiyle eşzamanlı uygulanan elektriksel uyarım rejenerasyonu destekler ve yeni sinaptik bağlantıların güçlenmesini sağlar.

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu destekli yürüme eğitiminin, internöron ve motor nöron ağlarının yeniden yapılanmasını kolaylaştırdığı ve uzun dönemli fonksiyonel iyileşmelerin bu yeni bağlantıların kalıcılığıyla ilişkili olduğu bildirilmiştir (75, 76).

Bir diğer açıklama, SPJ sistemine dayanmaktadır. SPJ'ler, nörotransmiter veya elektriksel uyarılara yanıt olarak ritmik motor çıktılar üreten nöronal

devrelerdir. FESBE bu devreleri aktive ederek, kortikal kontrol gereksinimi olmaksızın yürüme benzeri ritmik hareketlerin başlatılmasını kolaylaştırabilir (73, 75). SPJ'ler propriyoseptif girdiler ve supraspinal sinyallerle etkileşerek alt ekstremite kaslarının koordinasyonunu sağlar. Böylece periferik ve spinal düzeyde otomatik motor paternlerin yeniden ortaya çıkması desteklenir. Deneysel çalışmalar, deserebre primatlarda FES uygulamasıyla yürüyüşün SPJ aracılığıyla uyarılabildiğini göstermiştir (75, 76, 78).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisinin, alt ekstremite ile SPJ arasındaki nöral bağlantıları güçlendirebileceği ve motor korteksten doğrudan uyarı olmadan lokomosyonun ortaya çıkmasını kolaylaştırabileceği öne sürülmektedir (75). SKY olan hastalarda yapılan çalışmalar, FESBE'nin özellikle inkomplet bireylerde alt ekstremite motor fonksiyonları ve ambulasyon kapasitesinde anlamlı iyileşmeler sağladığını göstermiştir (75, 79, 82).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma prospektif randomize klinik bir araştırmadır. Araştırmadaki amacımız kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyona ek olarak uygulanan FESBE'nin alt ekstremite motor fonksiyonu ve ambulasyon üzerine etkilerini araştırmaktır. Hipotezimiz robotik rehabilitasyona ek FESBE uygulanan grupta sadece robotik rehabilitasyon uygulanan gruba göre daha iyi fonksiyonel iyileşme ve ambulasyon elde edileceği yönündedir. Araştırma Kasım 2024-Eylül 2025 tarihleri arasında yürütülmüştür. Araştırmaya SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde SKY tanısıyla yatarak tedavi alan ve araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 38 hasta (her iki cinsiyetten) alınmıştır.

Araştırmaya başlanmadan önce tez konusu onayı alınmıştır (Ek-1). Tez konusu onayını müteakiben Ankara Etlik Şehir Hastanesi'nin Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme ve Etik Kurulu'nun 30.10.2024 gün ve AEŞH-BADEK-2024-1028 sayılı onayı (Ek-3) ile Gülhane Tıp Fakültesi Tez İnceleme ve Değerlendirme Kurulu'nun 03.10.2024 gün ve E-86241737-100—401490 sayılı tez kabulü (Ek-2) ile araştırmaya başlanmıştır. Araştırmaya dahil edilen tüm hastalar, çalışmanın amacı, kapsamı ve süreçleri hakkında sözlü ve yazılı olarak bilgilendirilmiştir. Bilgilendirme sonrasında her hastadan imzalı bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alınmıştır. Araştırma süreci Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yürütülmüştür.

Araştırma sürecinde herhangi bir finansal ve kişisel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma, randomize klinik araştırma olarak tasarlanmış olup, araştırma tasarımı EQUATOR (Enhancing the Quality and Transparency of Research) Network kapsamındaki ilgili kılavuzlar ve CONSORT (Consolidated Standards of Reporting Trials) ilkeleri doğrultusunda planlanmıştır (84).

Araştırmamızın Clinical Trials onayı NCT06541197 ID kodu ile alınmıştır.

3.1. ARAŞTIRMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ

1. Motor inkomplet SKY (ABS'ye göre C veya D düzeyinde) olması
2. SKY sonrası en az 6 ay geçmiş olması
3. 18-65 yaş arası olması
4. Bağımsız olarak ya da baston/kanedyen gibi yardımcı yürüme cihazları ile en az 10 metre yürüyebiliyor olması
5. Hastaların çalışmaya katılmaya razı olduğunu gösteren aydınlatılmış onam formunu imzalaması

3.2. ARAŞTIRMADAN DIŞLANMA KRİTERLERİ

1. Alt ekstremite eklemlerinde hareketi engelleyecek düzeyde şiddetli spastisite veya eklem kontraktürü olması
2. Alt ekstremitede metalik implant olması
3. Sakral veya koksigeal evre 2 ve üzeri basınç yarası olması
4. Eşlik eden periferik nöropati olması
5. Daimî sonda ve/veya kolostominin olması
6. Yürüyüş egzersizi uygulamalarının kontrendike olduğu durumlar (kognitif açıdan egzersiz uyumunun olmaması, stabil olmayan epilepsi veya açıklanamamış konvülsiyon hikayesi, stabil olmayan akut kardiyak aritmi veya kalp yetmezliği, kardiyak pacemaker olması)
7. Anketi ve değerlendirme ölçeklerini doldurmayı engelleyecek psikiyatrik bozukluk veya bilişsel problemin olması
8. Başka bir nörolojik veya kas hastalığının olması

3.3. TEDAVİ ÖNCESİ DEĞERLENDİRME

Tedaviye başlamadan önce ilk değerlendirme sırasında hastaların demografik bilgileri (yaş, cinsiyet, eğitim durumu, meslek), boy, kilo, komorbid hastalıkları, kullandığı ilaçlar, hastanın SKY tarihi, SKY'nin etiyolojisi, yürüme esnasında kullandığı yardımcı cihazlar sorgulanarak olgu takip formuna not edildi (Ek-5). Nörolojik seviyenin belirlenmesinde ASIA Bozukluk Skalası kullanıldı. Öncelikle hastaların duyu ve motor seviyeleri belirlendi. Bunların sonucunda nörolojik seviyeleri tespit edildi. Lezyon seviyeleri belirlendikten sonra lezyon şiddeti

açısından değerlendirmeleri yapıldı. Hastalar ABS'ye göre komplet veya inkomplet olarak sınıflandırıldı. ASIA C ve ASIA D olan hastalar çalışmaya dâhil edilerek hastaların ABS'ye göre sınıflaması olgu rapor formuna kaydedildi (18, 27).

3.4. TEDAVİ PROTOKOLÜ

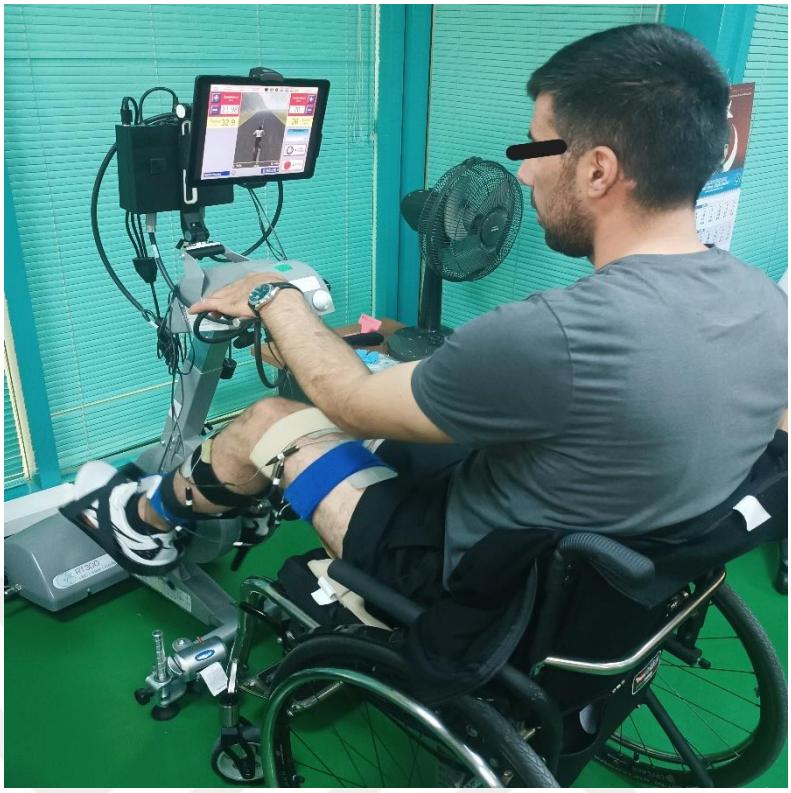
Hastalar sonuç ölçütlerini değerlendirmeyen bir kişi tarafından, bilgisayar ortamında oluşturulan bir sayı listesi kullanılarak robotik rehabilitasyon uygulanan gruba ya da robotik rehabilitasyona ek olarak FESBE uygulanan gruba rastgele atandı.

Robotik rehabilitasyon; alt ekstremite rehabilitasyonu ve ambulasyonuna yönelik SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde robotik rehabilitasyon ünitesinde bulunan Lokomat® v5 (Hocoma, Volketswil, Switzerland) cihazı ile haftada 5 gün 30 dakikalık seanslar şeklinde 4 hafta boyunca toplam 20 seans hekim gözetiminde uygulandı. Seans sırasında hastalar bilgisayar ekranının bulunduğu yürüyüş bandına alındı. Alt ekstremiteyi destekleyen kemerler ve aparatlar yardımıyla hastaların güvenliği sağlandı. Bilgisayar ekranındaki grafikler ve görseller ile hastaya ve uygulayıcıya geri bildirimler sağlandı. Yürüme hızı seans süresince 1,1–1,5 km/sa aralığında sabit olarak uygulandı. Vücut ağırlığı desteği ise hastanın motor performansı ve spastisiteye bağlı direnç özelliklerine göre cihazın geri bildirim mekanizması aracılığıyla otomatik olarak ayarlandı. (Şekil 3.1).



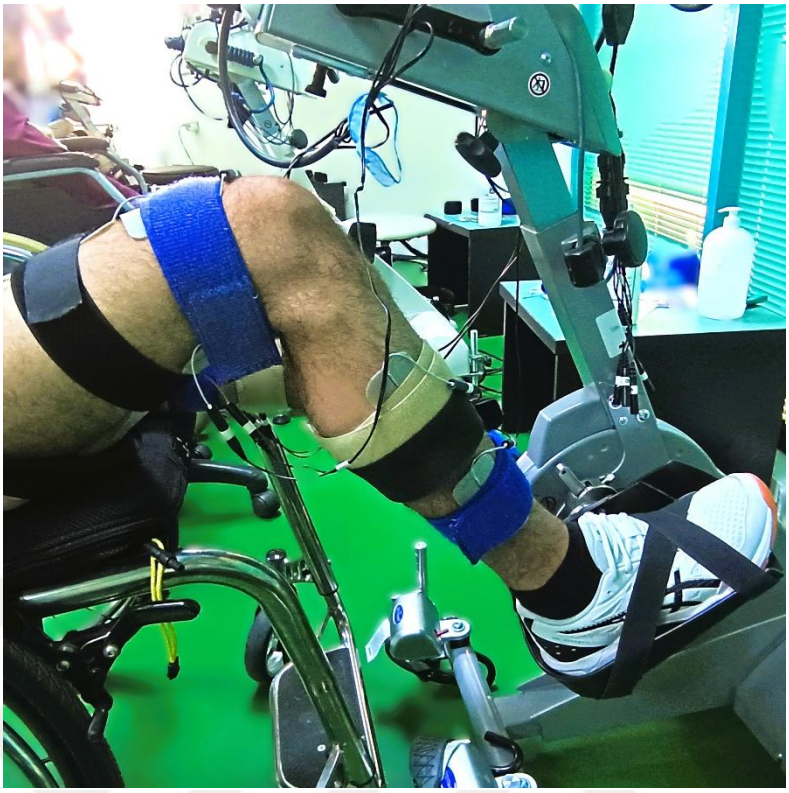
Şekil 3.1. Robotik rehabilitasyon uygulaması (Hastadan fotoğrafın tezde kullanılmasına ilişkin yazılı onam alınmıştır)

Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu bisiklet ergometrisi uygulaması için SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde bulunan akım kontrollü altı kanallı stimülatör (RT 300-SLSA; Restorative Therapies, Baltimore, MD, ABD) kullanıldı. Hastalar kendi tekerlekli sandalyelerinde iken FES bisiklet sisteminin önüne yerleştirilip ayakları ve bacakları bisiklet sisteminin pedallarına ve kruris desteklerine bağlandı. Manuel yardım olmadan bisiklet sürmek için kas kasılmasını sağlamak üzere 3 × 4 cm^2 yapışkan yüzey elektrotlar aracılığıyla kuadriseps, hamstring ve tibialis anterior kasları altı kanalla iki taraflı olarak uyarıldı (85) (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu bisiklet ergometrisi uygulaması (Hastadan fotoğrafın tezde kullanılmasına ilişkin yazılı onam alınmıştır)

Aktif elektrotlar kuadriseps kası üzerinde spina iliaka anterior superior ile patella arasındaki orta noktaya; hamstring kasları üzerinde tüberositas iliaka ile popliteal fossa arasındaki orta noktaya ve tibialis anterior kası üzerinde patella ile tibiotalar eklem arasındaki mesafenin yaklaşık dörtte biri ile üçte biri arasına, tibianın medial şaftına paralel ve hemen lateraline yerleştirildi. Referans elektrotlar; sırasıyla kuadriseps, hamstring ve tibialis anterior kasları üzerinde patellanın 2 cm yukarısına, popliteal fossanın 2 cm yukarısına ve patellanın 2 cm aşağı lateraline yerleştirildi (Şekil 3.3). Stimülasyon parametreleri: pulse genişliği 250 μs, pulse frekansı 20 Hz ve genlik 10 ila 140 mA arasında olacak şekilde ayarlandı (83, 85).



Şekil 3.3. Yüzey elektrotların yerleşim yerleri

Stimülasyon yoğunluğu palpe edilebilen kas kasılmasına ve inkomplet SKY olan hastalar tarafından hissedilen duyusal rahatsızlığa göre ayarlandı. Pedal çevirme kadans aralığı dakikada 40-50 dönüş olarak ayarlandı. Sistem tarafından kontrol edilen elektrik stimülasyonu, yumuşak bir pedal çevirme hareketi üretmek için bilateral kuadriseps, hamstring ve tibialis anterior kaslarına uygun bir düzende uygulandı. FESBE 30 dakikalık seanslar halinde 4 hafta boyunca toplam 20 seans olarak robotik rehabilitasyondan önce hekim gözetiminde uygulandı.

Her iki grupta bulunan hastalar hangi grupta olduklarından bağımsız olarak tedavi bitimine dek 45 dakikalık seanslar halinde 4 hafta boyunca haftada 5 seans olacak şekilde eklem hareket açıklığı, germe, güçlendirme ve ambulasyona yönelik nörorehabilitasyon programına alındı.

3.5. DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ

Çalışmanın primer sonuç ölçütleri ABS'ye göre alt ekstremite anahtar motor kaslarının (kalça fleksiyonu, diz ekstansyonu, ayak bileği dorsifleksiyonu, ayak bileği plantar fleksiyonu, ayak başparmak ekstansiyonu) Alt Ekstremite Motor Skor (AEMS) ile değerlendirilmesi ve ambulasyonun Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II **(**Walking Index for Spinal Cord Injury-WISCI II) ile değerlendirilmesidir. Sekonder sonuç ölçütleri ise, Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği (OYBÖ), 10 Metre Yürüme Testi (10MYT), 2 Dakika Yürüme Testi (2DYT) ve Zamanlı Kalk Yürü Testi (ZKYT)'dir. Hastalar tedaviye başlamadan hemen önce ve tedavi bitiminde (4.hafta) olmak üzere toplam 2 kez değerlendirildi.

3.5.1. Alt Ekstremite Motor Skor

Alt Ekstremite Motor Skoru ABS'ye göre alt ekstremite anahtar motor kaslarının (kalça fleksiyonu, diz ekstansyonu, ayak bileği dorsifleksiyonu, ayak bileği plantar fleksiyonu, ayak başparmak ekstansiyonu) kas gücünün değerlendirilmesi esasına dayanmaktadır. Her iki alt ekstremite için toplam skor 0 (tam paralizi) ile 50 (normal fonksiyon) arasında değişir. SKY olan hastaların klinik takibinde bu değerlendirme yönteminin geçerlilik ve güvenilirliği gösterilmiştir (86) (Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Alt Ekstremite Motor Skor Değerlendirmesi

0	Kasta izlenebilir ya da palpe edilebilir herhangi bir kasılma yok.
1	İzlenen ya da palpe edilebilen kasılma var, ancak bu kasılma herhangi bir eklem hareketi ortaya çıkarmıyor.
2	Yerçekimi etkisi ortadan kaldırıldığında eklem hareketini tamamlayabiliyor.
3	Yerçekimine karşı eklem hareketini tamamlayabiliyor, ancak hiç direnç almıyor.
4	Uygulanan orta derecede dirence karşı eklem hareketini tamamlayabiliyor.
5	Tam dirence karşı eklem hareketini tamamlayabiliyor.

3.5.2. Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II

Spinal kord yaralanması sonrası bireylerin yürüme yeteneğini değerlendirmek ve özürlülüğe sekonder kişi düzeyinde fiziksel sınırlılıkları tanımlamak amacıyla geliştirilen bir ölçektir. Ölçeğin geçerlilik ve güvenilirlik çalışması 2000 yılında çok merkezli olarak gerçekleştirilmiş olup, ilk versiyonu 19 seviyeden oluşmuştur. 2001 yılında yapılan revizyon ile iki seviye daha eklenerek güncel formu olan WISCI II oluşturulmuştur (87). Değerlendirme, bireyin 10 metre mesafeyi yürüyebilme durumu, fiziksel destek gereksinimi, ortez kullanımı ve yardımcı yürüme cihazı (walker, koltuk değneği, kanedyen veya baston) ihtiyacına göre yapılır. Toplam 0–20 arasında puanlanan ölçekte, 0 puan en ciddi yürüme kısıtlılığını, 20 puan ise minimal bozukluğu ifade eder (87, 88).

3.5.3. Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği

Spinal kord yaralanması olan hastaların günlük yaşam aktivitelerindeki fiziksel yetersizliklerini ve bağımsızlıklarını değerlendiren bir ölçektir. 3 ana bölümden oluşmaktadır: (1) Kendine bakım, (2) Solunum ve sfinkter kontrolü, (3) Mobilite. Kendine bakım bölümü beslenme, banyo yapma, giyinme ve bireysel temizliği değerlendiren toplam 6 sorudan oluşmaktadır. Solunum ve sfinkter kontrolü solunum, mesane kontrolü, bağırsak kontrolü ve tuvalet kullanımını değerlendiren 4 sorudan oluşmaktadır. Mobilite ise oda içi transferleri, tuvalet transferlerini ve ev içi ve dışarı transferleri değerlendiren 2 sorudan oluşmaktadır. Toplam puan 0 ile 100 arasında değişmektedir. Artan puan bireyin bağımsızlık düzeyinin arttığını göstermektedir. Ölçek 2001 ve 2007 yıllarında revize edilerek güncellenmiş olup, son versiyonu OYBÖ III olarak yayımlanmıştır (89). OYBÖ III'ün Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması 2012 yılında gerçekleştirilmiştir (90).

3.5.4. 10 Metre Yürüme Testi

Hastaların yürüme hızını ve fonksiyonel ambulasyon düzeyini değerlendiren ve SKY olan hastalarda geçerlilik ve güvenilirliğe sahip olduğu gösterilmiş bir

yöntemdir (91). Uygulama esnasında hasta, işaretlenmiş 10 metrelik düz bir zeminde normal yürüyüş hızında yürür ve bu mesafe için geçen süre kaydedilir.

3.5.5. 2 Dakika Yürüme Testi

Hastaların fonksiyonel kapasitesini değerlendiren bir ölçektir. 30 metrelik düz ve sert bir zemin 3 metre aralıklarla işaretlenir. Hastanın 2 dakikada yürüyebileceği en fazla mesafe ölçülür. Hastaların fonksiyonel kapasitesini değerlendirmede yaygın olarak kullanılan 6 dakika yürüme testi (6DYT) SKY olan hastalarda zorlayıcı olabilmekte ve bu nedenle taban etkisi gösterebilmektedir. 2DYT nöromüsküler hastalıklarda, multipl sklerozda, inmede ve SKY'de 6DYT ile güçlü korelasyon gösteren güvenli bir alternatiftir. SKY olan hastalarda geçerli ve güvenilir bir test olduğu gösterilmiştir (92).

3.5.6. Zamanlı Kalk ve Yürü Testi

Spinal kord yaralanması olan hastalarda mobiliteyi değerlendiren bir ölçektir. Hastalar bir sandalyeye oturtulur ve önlerinde 3 metrelik mesafe belirlenir. Hastadan sandalyeden kalkıp, 3 metrelik mesafeyi yürüdükten sonra tekrar sandalyeye oturması istenir ve geçen süre kaydedilir. İhtiyaç duyması halinde yürümeye yardımcı cihazlarını kullanması söylenir. Denge, düşme riski, postüral kontrol ve ambulasyon ile ilişkili bir ölçektir. SKY olan hastalarda geçerli ve güvenilir bir test olduğu gösterilmiştir (91).

3.7. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

3.7.1. Örneklem Büyüklüğünün Hesaplanması

Örneklem büyüklüğü G*power (V3.1) (Heinrich-HeineUniversität Düsseldorf, Düsseldorf, Germany; http://www.gpower.hhu.de/) programı kullanılarak hesaplanmıştır. Örneklem büyüklüğünü belirlemek için araştırmanın primer sonuç ölçütü olan WISCI II kullanılmıştır. Angel Gil-Agudo ve ark.'nın (93) yaptığı çalışma referans alınmak kaydıyla WISCI II'de uygulama öncesi ve sonrası değişim

değerleri 3,54 ± 2,65 ve 0,7 ± 1,49 için etki büyüklüğü 1,32, çalışmanın gücü %95, tip 1 hata 0,05 kabul edildiğinde her grup için hasta sayısı 16 olarak hesaplanmıştır. %20'lik hasta kayıp oranı dikkate alındığında her gruba 19 hasta alınması hedeflenmiştir.

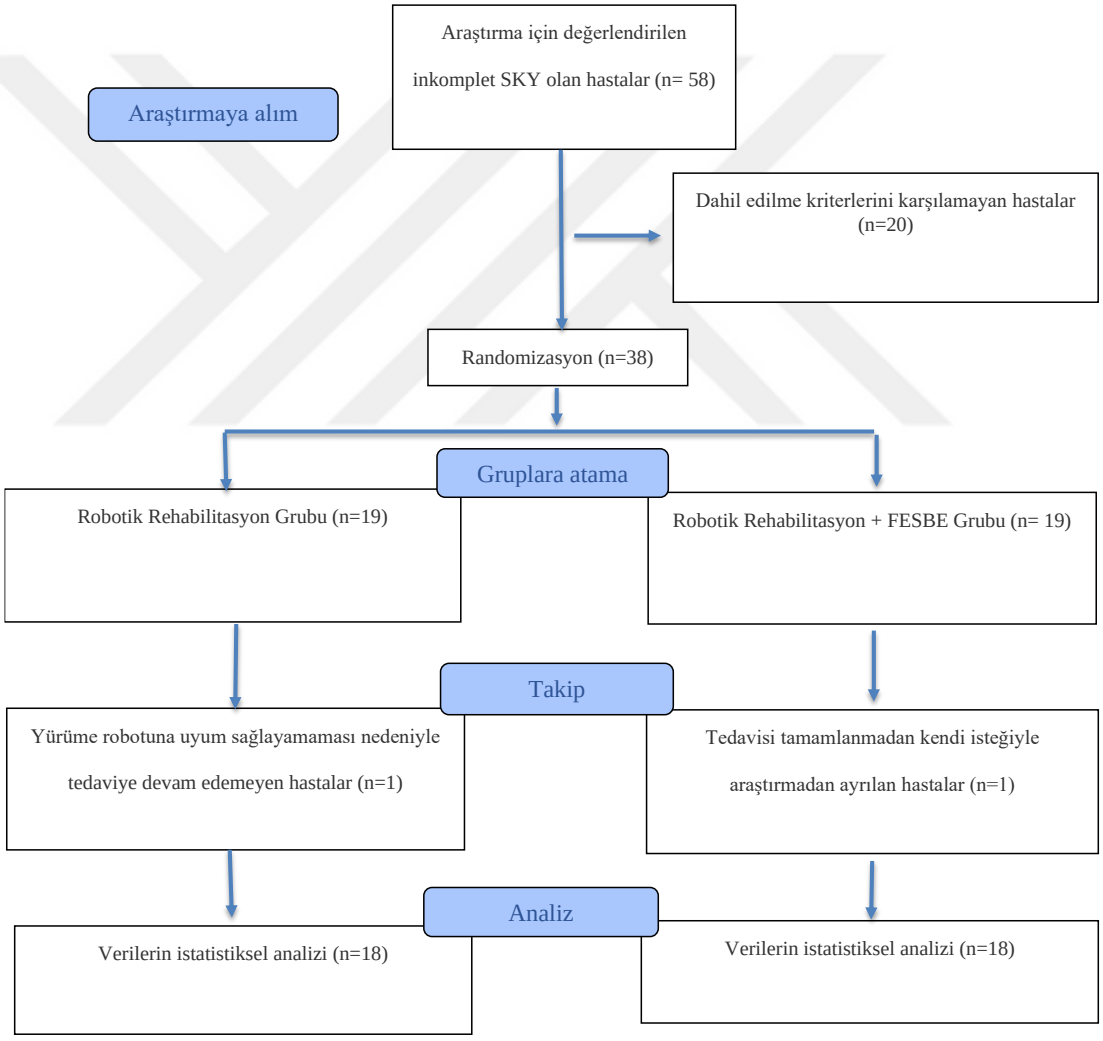
3.7.2. Verilerin Analizi

Araştırmada elde edilen veriler SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows, Version 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) ve JASP (V. 0.19.0, University of Amsterdam, Netherlands) programları kullanılarak bilgisayar ortamına yüklendi ve değerlendirildi. Sürekli değişkenlerin dağılımı Shapiro–Wilk testi ile değerlendirildi; normallik varsayımını karşılamayan veriler için non-parametrik istatistiksel yöntemler tercih edildi.

Tanımlayıcı istatistikler sürekli değişkenler için medyan (çeyrekler arası aralık, IQR) veya ortalama ± standart sapma (SS), kategorik değişkenler için ise frekans (n) ve yüzde (%) olarak sunuldu. Gruplar arası karşılaştırmalarda bağımsız iki grup için Mann–Whitney U testi veya Independent-Sample t testi, kategorik değişkenlerde ise uygun olduğunda Ki-Kare testi, hücre frekanslarının 5'in altında olduğu 2x2 çapraz tablolarda Fisher's Exact testi, 2x2 den büyük çapraz tablolarda Fisher–Freeman–Halton testi kullanıldı.Grup içi (ön test–son test) karşılaştırmalarda Wilcoxon Signed-Rank testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p<0,05$ olarak kabul edildi.

4. BULGULAR

Araştırma için SKY tanılı toplam 58 hasta değerlendirildi. Değerlendirmeye alınan hastalardan 20'si dâhil edilme kriterlerini karşılamadığı için çalışmaya dâhil edilmedi. Dâhil edilme kriterlerine uygun olan 38 hasta çalışmaya alındı. Her 2 gruba (robotik rehabilitasyon grubu ve robotik rehabilitasyona ek FESBE grubu) da 19 hasta alındı. Araştırma akış şeması Şekil 4.1'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Araştırma Akış Şeması (CONSORT 2025 kılavuzuna uygun olarak oluşturulmuştur).

FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, SKY: Spinal Kord Yaralanması

Araştırmaya dahil edilen hastalardan; robotik rehabilitasyon grubunun yaş medyan değeri 38,0 (Çeyrekler Arası Aralık (ÇAA): 19,0) yıl, robotik rehabilitasyon + FESBE grubunun ise 28,0 (ÇAA: 22,0) yıl olarak saptandı. Robotik rehabilitasyon grubundaki hastaların 9'u kadın (%47,4), 10'u erkek (%52,6); robotik rehabilitasyon + FESBE grubundakilerin ise 6'sı kadın (%31,6), 13'ü erkek (%68,4) hastalardı. Ortalama vücut kitle indeksi (VKİ), robotik rehabilitasyon grubunda 25,78±4,96; robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda 24,77±2,86 olarak hesaplandı. Hastaların eğitim düzeyleri incelendiğinde; Robotik Rehabilitasyon grubundaki 19 hastanın 7'sinin (%36,8) ilkokul, 2'sinin (%10,5) ortaokul, 3'ünün (%15,8) lise, 2'sinin (%10,5) ön lisans ve 5'inin (%26,3) lisans mezunu olduğu görüldü. Robotik Rehabilitasyon + FESBE grubunda ise 3 hasta (%15,8) ilkokul, 2 hasta (%10,5) ortaokul, 9 hasta (%47,4) lise, 2 hasta (%10,5) ön lisans ve 3 hasta (%15,8) lisans düzeyinde eğitime sahipti. Yaş, cinsiyet, boy, kilo, VKİ ve eğitim düzeyi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (p>0,05), (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Gruplara göre yaş, cinsiyet, boy, kilo, VKİ ve eğitim düzeylerinin dağılımı

Değişkenler	Robotik Rehabilitasyon (n=19)	Robotik Rehabilitasyon + FESBE (n=19)	p
Cinsiyet, n (%)			
Kadın	9 (47,4)	6 (31,6)	0,507[&]
Erkek	10 (52,6)	13 (68,4)	
Yaş (yıl), (Med, ÇAA)	38,0 (19,0)	28,0 (22,0)	0,114[U]
Boy (cm), (Ort±ss)	169,05±12,01	170,15±9,16	0,695[t]
Kilo (kg), (Med, ÇAA)	78,0 (20,0)	74,0 (14,0)	0,313[U]
VKİ (kg/m^2), (Ort±ss)	25,78±4,96	24,77±2,86	0,449[t]
Eğitim, n (%)			
İlkokul	7 (36,8)	3 (15,8)	0,286[#]
Ortaokul	2 (10,5)	2 (10,5)	
Lise	3 (15,8)	9 (47,4)	
Ön lisans	2 (10,5)	2 (10,5)	
Lisans	5 (26,3)	3 (15,8)	

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, Med: Medyan, Ort±ss: Ortalama±Standart Sapma, VKİ: Vücut Kitle İndeksi
#: Fisher Freeman Halton Exact test, &: Ki-kare testi, [t]: Independent-Sample t test, [U]: Mann-Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Araştırmaya dahil edilen hastaların olay tarihinden itibaren geçen sürelerinin ortanca değerleri; robotik rehabilitasyon grubunda medyan 22,0 (ÇAA: 19,0) ay, robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise medyan 18,0 (ÇAA: 30,0) ay olarak bulundu. Hastaların lezyon seviyeleri incelendiğinde robotik rehabilitasyon grubundaki hastaların 3'ünde servikal bölgede (%15,8), 9'unda torakal bölgede (%47,4), 7'sinde lumbosakral bölgede (%36,8); robotik rehabilitasyon + FESBE grubundaki hastaların 4'ünde servikal bölgede (%21,1), 7'sinde torakal bölgede (%36,8), 8'inde lumbosakral bölgede (%42,1) yaralanma mevcuttu. SKY etiyolojisi değerlendirildiğinde robotik rehabilitasyon grubundaki hastaların 16'sı travmatik (%84,2), 3'ü non-travmatik (%15,8); robotik rehabilitasyon + FESBE grubundaki hastaların 17'si travmatik (%89,5), 2'si non-travmatikti (%10,5). Hastaların ABS'leri değerlendirildiğinde, robotik rehabilitasyon grubundakilerin 7'si ABS C (%36,8), 12'si ABS D (%63,2); robotik rehabilitasyon + FESBE grubundakilerin 5'i ABS C (%26,3), 14'ü ABS D (%73,7) idi. Robotik rehabilitasyon grubundaki hastaların 1'i yardımcı cihaz kullanmazken 9'u walker, 9'u da kanedyen kullanmaktaydı; robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise 5 hasta yardımcı cihaz kullanmazken 9'u walker, 5'i ise kanedyen kullanmaktaydı. Gruplar arasında olay tarihinden itibaren geçen süre, lezyon seviyesi, SKY etiyolojisi ve ABS (C-D), yardımcı cihaz kullanımı açısından istatistiksel anlamlı farklılık saptanmadı ($p>0,05$), (Tablo 4.2).

Araştırma süresince uygulanan robotik yürüme egzersizi ve FESBE sırasında veya sonrasında, yalnızca robotik rehabilitasyon grubunda bir hastada geçici yorgunluk yakınması bildirilmiş olup bunun dışında herhangi bir yan etki gözlenmedi.

Tablo 4.2. Gruplara göre olaydan itibaren geçen sürenin, etiyolojinin, lezyon seviyesinin, yardımcı cihaz kullanımının ve ABS'nin dağılımı

Değişkenler	Robotik Rehabilitasyon (n=19)	Robotik Rehabilitasyon + FESBE (n=19)	p
Olay tarihi (Ay) (Med, ÇAA)	22,0 (19,0)	18,0 (30,0)	0,373[U]
Etiyoloji, n (%)			1,000[£]
Travmatik	16 (84,2)	17 (89,5)	
Non-Travmatik	3 (15,8)	2 (10,5)	
ABS, n (%)			0,485[&]
C	7 (36,8)	5 (26,3)	
D	12 (63,2)	14 (73,7)	
Yaralanma seviyesi, n (%)			0,841[#]
Servikal	3 (15,8)	4 (21,1)	
Torakal	9 (47,4)	7 (36,8)	
Lumbosakral	7 (36,8)	8 (42,1)	
Yardımcı cihaz, n (%)			0,193[#]
Yok	1 (5,3)	5 (26,3)	
Walker	9 (47,4)	9 (47,4)	
Kanedyen	9 (47,4)	5 (26,3)	

ABS: Asia Bozukluk Skalası, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, Med: Medyan; £: Fisher Exact test, #: Fisher Freeman Halton Exact test, &: Ki-kare testi, [U]: Mann-Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Hastaların tedavi öncesi ve sonrası klinik değerlendirmeleri; AEMS, WISCI II, 10MYT, ZKYT, 2DYT ve OYBÖ III ölçekleri kullanılarak gerçekleştirildi. Grupların tedavi öncesi yapılan başlangıç karşılaştırmalarında, söz konusu parametreler açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p>0,05), (Tablo 4.3, 4.4).

Tablo 4.3. Grupların tedavi öncesi AEMS, WISCI II, OYBÖ III toplam ve OYBÖ III Mobilite değerlerinin karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon + FESBE (n=18)**		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
AEMS	30,0 (12,0)	24,63-33,21	36,0 (13,0)	31,37-38,42	0,061 [U]
WISCI II	12,0 (5,5)	9,42-13,21	13,0 (7,5)	11,21-14,95	0,230 [U]
OYBÖ III Toplam	77,0 (17,5)	72,58-81,84	77,0 (15,50)	72,16-83,26	0,872 [U]
OYBÖ III Mobilite	27,0 (8,5)	22,09-28,34	25,0 (14,50)	23,36-30,75	0,661 [U]

AEMS: Alt Ekstremite Motor Skoru, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, G.A: Güven Aralığı, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, OYBÖ III: Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği**,** WISCI II: Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II (The Walking Index for Spinal Cord Injury II), [U:] Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.4. Grupların tedavi öncesi 10MYT, ZKYT, 2DYT değerlerinin karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon + FESBE (n=18)**		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
10MYT (sn)	18,93 (50,69)	26,74-57,28	18,44 (24,65)	19,64-37,61	0,339[U]
ZKYT (sn)	22,65 (55,10)	28,13-60,25	25,42 (28,19)	22,13-38,41	0,506 [U]
2DYT (mt)	61,50 (79,50)	44,74-83,32	76,0 (67,5)	56,21-91,85	0,342 [U]

2DYT: 2 Dakika Yürüme Testi, 10MYT: 10 Metre Yürüme Testi, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, G.A: Güven Aralığı, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, sn: saniye, mt: metre, ZKYT: Zamanlı Kalk ve Yürü Testi, [U:] Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Grupların AEMS, WISCI II, 10MYT, ZKYT, 2DYT ve OYBÖ III değerlerinin tedavi sonrası ölçümleri değerlendirildi. Söz konusu parametreler açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (p>0,05), (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Tedavi sonrası gruplar arasında AEMS, WISCI II, 10MYT, ZKYT, 2DYT, OYBÖ III toplam ve OYBÖ III mobilite değerlerinin karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)**		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	P^U
T1 AEMS	31,5 (12,75)	26,78-36,33	37,5 (12,5)	33,11-40,22	0,142
T1 WISCI II	12,0 (5,75)	10,5-14,22	12,5 (7,0)	11,55-15,0)	0,169
T1 10MYT	17,39 (30,28)	19,08-43,54	16,33 (21,02)	16,56-33,13	0,478
T1 ZKYT	21,04 (36,91)	21,95-46,25	23,24 (20,23)	18,0-32,56	0,681
T1 2DYT	77,0 (81,25)	52,27-96,0	84,5 (75,25)	65,11-106,3	0,458
T1 OYBÖ III Toplam	81,0 (17,25)	75,72-83,83	79,0 (9,25)	76,22-84,83	0,880
T1 OYBÖ III Mobilite	28,0 (8,5)	24,17-30,05	26,0 (10,50)	24,71-31,17	0,800

2DYT: 2 Dakika Yürüme Testi, 10MYT: 10 Metre Yürüme Testi, AEMS: Alt Ekstremite Motor Skoru, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, G.A: Güven Aralığı, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, OYBÖ III: Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği**,** WISCI II: Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II (The Walking Index for Spinal Cord Injury II), T1: Tedavi bitimi, ZKYT: Zamanlı Kalk ve Yürü Testi, $^{U:}$ Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Alt ekstremite motor skoru değerlerinin grup içi karşılaştırma sonuçlarında, tedavi sonrasında her iki grupta da AEMS skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış saptandı. Robotik rehabilitasyon grubunda tedavi öncesi 30,0 (ÇAA: 12,0) olan medyan değer, tedavi sonrasında 31,5 (ÇAA: 12,75)'e yükseldi. Benzer şekilde, robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda da başlangıçta 36,0 (ÇAA: 13,0) olan medyan değerin, tedavi sonrasında 37,5 (ÇAA: 12,75)'e ulaştığı görüldü (Wilcoxon Signed-Rank testi, sırasıyla p=0,002, p<0,001), (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Tedavi öncesi ve sonrası AEMS değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)**	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0	30,0 (12,0)	24,63-33,21	36,0 (13,0)	31,37-38,42
T1	31,5 (12,75)	26,78-36,33	37,5 (12,5)	33,11-40,22
p	$0,002^Z$		$<0,001^Z$	

AEMS: Alt Ekstremite Motor Skoru, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, G.A: Güven Aralığı, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi ^{Z}: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Gruplar arasında AEMS değişim miktarları karşılaştırıldığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı (Mann Whitney U testi, p=0,808), (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Tedavi öncesi ve sonrası AEMS değişim miktarlarının gruplar arası karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon+FESBE (n=18)**		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
AEMS	2,0 (2,5)	0,61-5,06	2,0 (2,0)	1,32-2,56	$0,808^{U}$

AEMS: Alt Ekstremite Motor Skoru, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, G.A: Güven Aralığı, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi ^{U}: Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Ambulasyon seviyesinin değerlendirildiği WISCI II skorları açısından yapılan grup içi analizlerde; robotik rehabilitasyon grubunda ve robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda tedavi öncesi ve sonrası değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı iyileşme saptanmadı, (Wilcoxon Signed-Rank testi, sırasıyla p=0,071, p=0,496), (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Tedavi öncesi ve sonrası WISCI II değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon+FESBE (n=18)**	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0	12,0 (5,5)	9,42-13,21	13,0 (7,5)	11,21-14,95
T1	12,0 (5,75)	10,5-14,22	12,5 (7,0)	11,55-15,0)
p	$0,071^{Z}$		$0,496^{Z}$	

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi, WISCI II: Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II (The Walking Index for Spinal Cord Injury II), ^{Z}: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tedavi öncesi ve sonrası WISCI II değişim miktarları karşılaştırıldığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı (Mann Whitney U testi, p=0,741), (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Tedavi öncesi ve sonrası WISCI II değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
WISCI II	0,0 (1,5)	0,0-1,52	0,0 (1,5)	0,0-1,58	0,741[U]

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi, WISCI II: Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi II (The Walking Index for Spinal Cord Injury II), [U]: Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Ambulasyonun değerlendirildiği bir diğer parametre olan 10MYT için yapılan grup içi analizlerde, tedavi sonrasında her iki grupta da yürüme süresinde istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptandı (Wilcoxon Signed-Rank testi, sırasıyla p<0,001, p<0,001), (Tablo 4.10). Tedavi öncesine göre medyan değerler; robotik rehabilitasyon grubunda 18,93 sn'den (ÇAA: 50,69) 17,39 sn'ye (ÇAA: 30,28), robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise 18,44 sn'den (ÇAA: 24,65) 16,33 sn'ye (ÇAA:21,02) düştüğü görüldü.

Tablo 4.10. Tedavi öncesi ve sonrası 10MYT değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0 (sn)	18,93 (50,69)	26,74-57,28	18,44 (24,65)	19,64-37,61
T1 (sn)	17,39 (30,28)	19,08-43,54	16,33 (21,02)	16,56-33,13
p	<0,001[Z]		<0,001[Z]	

10MYT: 10 Metre Yürüme Testi, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi [Z]: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tedavi öncesi ve sonrası 10MYT değişim miktarları karşılaştırıldığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmadı (Mann Whitney U testi, p=0,837), (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Tedavi öncesi ve sonrası 10MYT değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
10MYT	-2,87 (11,34)	(-12,45)- (-1,86)	-2,32 (8,83)	(-7,83)- (-2,25)	0,837[U]

10MYT: 10 Metre Yürüme Testi, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi [U]: Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Zamanlı Kalk ve Yürü Testi sürelerinin grup içi analizlerinde; robotik rehabilitasyon grubunda tedavi öncesi medyan değeri 22,65 sn (ÇAA: 55,10) iken, tedavi sonrası medyan değeri 21,04 sn (ÇAA: 36,91) olarak saptandı. Robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise tedavi öncesi medyan değeri 25,42 sn (ÇAA: 28,19) iken, tedavi sonrası medyan değeri 23,24 sn (ÇAA: 20,23) olarak saptandı. Tedavi sonrasında her iki grupta da test süresinin istatistiksel olarak anlamlı bir azalma gösterdiği görüldü (Wilcoxon Signed-Rank testi, sırasıyla p<0,001, p<0,001), (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Tedavi öncesi ve sonrası ZKYT değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0	22,65 (55,10)	28,13-60,25	25,42 (28,19)	22,13-38,41
T1	21,04 (36,91)	21,95-46,25	23,24 (20,23)	18,0-32,56
p	<0,001[Z]		<0,001[Z]	

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi, ZKYT: Zamanlı Kalk ve Yürü Testi, [Z]: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tedavi öncesi ve sonrası ZKYT değişim miktarları karşılaştırıldığında, robotik rehabilitasyon + FESBE grubundaki iyileşmenin robotik rehabilitasyon grubuna göre sayısal olarak daha yüksek olduğu, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeye ulaşmadığı saptandı (Mann Whitney U testi, p = 0,192), (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Tedavi öncesi ve sonrası ZKYT değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
ZKYT	-1,84 (5,90)	(-11,86)- (-1,09)	-3,71 (5,57)	(-8,56)- (-2,84)	0.192^{U}

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi, ZKYT: Zamanlı Kalk ve Yürü Testi, ^{U}: Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Grup içi analizlerde, 2DYT yürüme mesafelerinin tedavi bitiminde her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığı belirlendi (Wilcoxon Signed-Rank testi, p<0,001), (Tablo 4.14). Tedavi öncesine göre medyan değerlerin; robotik rehabilitasyon grubunda 61,5 m'den (ÇAA: 79,50) 77,0 m'ye (ÇAA: 81,25), robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise 76,0 m'den (ÇAA: 67,50) 84,5 m'ye (ÇAA: 75,25) ulaştığı görüldü.

Tablo 4.14. Tedavi öncesi ve sonrası 2DYT değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0	61,50 (79,50)	44,74-83,32	76,0 (67,50)	56,21-91,85
T1	77,0 (81,25)	52,27-96,0	84,5 (75,25)	65,11-106,3
p	$<0,001^{Z}$		$<0,001^{Z}$	

2DYT: 2 Dakika Yürüme Testi, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi ^{Z}: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tedavi öncesi ve sonrası 2DYT değişim miktarları karşılaştırıldığında, robotik rehabilitasyon + FESBE grubundaki artışın robotik rehabilitasyon grubuna göre sayısal olarak daha yüksek olduğu, ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı düzeye ulaşmadığı saptandı (Mann Whitney U testi, p = 0,084), (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Tedavi öncesi ve sonrası 2DYT değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
2DYT	4,25 (9,75)	3,43-10,62	8,5 (11,75)	7,18-18,14	0,084[U]

2DYT: 2 Dakika Yürüme Testi, ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, [U:] Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Grup içi karşılaştırmalarda, OYBÖ III toplam puanlarının tedavi bitiminde her iki grupta da anlamlı düzeyde yükseldiği belirlendi. Tedavi öncesine göre medyan skorların; robotik rehabilitasyon grubunda 77,0'den (ÇAA: 17,50) 81,0'e (ÇAA: 17,25), (Wilcoxon Signed-Rank testi, p=0,004), robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise 77,0'den (ÇAA: 15,50) 79,0'a (ÇAA: 9,25), (Wilcoxon Signed-Rank testi, p=0,002) ulaştığı görüldü (Tablo 4.16). OYBÖ III skorlamasında mobiliteyi değerlendiren alt bölüm ayrı olarak incelendiğinde tedavi öncesine göre medyan skorların; robotik rehabilitasyon grubunda 27,0'den (ÇAA: 8,5) 28,0'e (ÇAA: 8,5), (Wilcoxon Signed-Rank testi, p=0,006), robotik rehabilitasyon + FESBE grubunda ise 25,0'den (ÇAA: 14,50) 26,0'a (ÇAA: 10,50), (Wilcoxon Signed-Rank testi, p=0,003) ulaştığı görüldü (Tablo 4.17).

Tablo 4.16. Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III toplam skoru değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0	77,0 (17,50)	72,58-81,84	77,0 (15,50)	72,16-83,26
T1	81,0 (17,25)	75,72-83,83	79,0 (9,25)	76,22-84,83
p	0,004[Z]		0,002[Z]	

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, OYBÖ III: Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği III, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi, [Z]: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tablo 4.17. Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III mobilite skoru değerlerinin grup içi karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)**	
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.
T0	27,0 (8,5)	22,09-28,34	25,0 (14,50)	23,36-30,75
T1	28,0 (8,5)	24,17-30,05	26,0 (10,50)	24,71-31,17
p	0,006[Z]		0,003[Z]	

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, OYBÖ III: Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği III, T0: Tedavi öncesi, T1: Tedavi bitimi, [Z]: Wilcoxon Signed-Rank testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III toplam ve mobilite skorları değişim miktarları karşılaştırıldığında, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı (Mann Whitney U testi, sırasıyla p = 0,398 ve p=0,716), (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Tedavi öncesi ve sonrası OYBÖ III toplam ve mobilite skorları değişim miktarının gruplar arası karşılaştırılması

	Robotik Rehabilitasyon (n=18)		**Robotik Rehabilitasyon +FESBE (n=18)**		
	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	Medyan (ÇAA)	95% G.A.	p
OYBÖ III Toplam	1,0 (3,25)	0,61-3,82	2,0 (5,0)	1,26-5,73	0,398[U]
OYBÖ III Mobilite	1,0 (2,0)	0,47- 2,53	1,50 (2,0)	0,72- 2,50	0,716[U]

ÇAA: Çeyrekler Arası Aralık, FESBE: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisi, G.A: Güven Aralığı, OYBÖ III: Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği III, [U]: Mann Whitney U testi, p <0,05 anlamlı kabul edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Araştırmamızda, kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun ve robotik rehabilitasyona ek olarak uygulanan FESBE'nin alt ekstremite motor fonksiyonları, ambulasyon performansı ve fonksiyonel bağımsızlık açısından etkilerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Her iki grupta da AEMS ile değerlendirilen alt ekstremite motor iyileşmesinde, 10MYT ile değerlendirilen yürüme hızında, 2DYT ile değerlendirilen yürüme enduransında, ZKYT ile değerlendirilen fonksiyonel mobilitede ve OYBÖ-III ile değerlendirilen fonksiyonel bağımsızlık düzeyinde tedavi öncesine kıyasla tedavi sonrasında istatistiksel olarak anlamlı grup içi iyileşmeler saptanmıştır. Buna karşılık, ambulasyon bağımsızlığını yansıtan WISCI-II skorlarında her iki grupta da tedavi sonrası anlamlı bir değişim izlenmemiştir. Gruplar arası karşılaştırmada ise incelenen hiçbir sonuç ölçüm parametresinde robotik rehabilitasyona eklenen FESBE uygulamasının istatistiksel olarak anlamlı bir ek katkı sağlamadığı tespit edilmiştir.

Spinal kord yaralanması sonrası rehabilitasyonun temel hedefi, hastanın nörolojik seviyesiyle uyumlu en üst düzeyde fonksiyonel bağımsızlığa ulaşması, güvenli mobilizasyonun sağlanması ve günlük yaşam aktivitelerine katılımın artırılmasıdır (1). Alt ekstremite fonksiyonlarının ve yürüme yeteneğinin yeniden kazanılması hem hastalar hem de bakım verenler açısından rehabilitasyon sürecinin en önemli beklentileri arasında yer almaktadır. Lezyon çevresinde korunmuş sinir iletim yollarının varlığı, inkomplet SKY olan hastalarda fonksiyonel iyileşme potansiyelini artırmaktadır. Rehabilitasyon ile desteklenen kortikal ve subkortikal nöroplastik adaptasyonlar, motor öğrenmeyi ve nöral reorganizasyonu güçlendirmektedir. Bu nedenle yürüme eğitimi ve görev odaklı yaklaşımlar, inkomplet SKY olan hastalarda güncel rehabilitasyon stratejilerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır (6, 94).

Yürüme, serebral korteks ve limbik sistemden kaynaklanan girdilerle başlatılan, spinal kord, beyin sapı ve serebral korteksin dinamik etkileşimiyle kontrol edilen, amaca yönelik ve döngüsel bir motor davranıştır. Spinal internöronal ağlar,

propriyoseptif ve kutanöz afferent girdilere yanıt olarak inen supraspinal yollarla entegre biçimde çalışarak yürüyüş paterninin düzenlenmesinde rol oynar (67). SKY sonrasında nöral yollar belirgin bir reorganizasyon sürecine girer. Nöral aktivitenin azalması sinaptik bağlantıların zayıflamasına yol açarken, aktivitenin yeniden sağlanması mevcut bağlantıların güçlenmesini teşvik eder. Bu süreç, Hebbian sinaptik güçlenme teorisi ile açıklanmakta ve "kullan ya da kaybet" ilkesiyle özetlenmektedir (95).

Spinal kord yaralanması sonrası uygulanan lokomotor eğitimin yürüme yetisini geliştirdiği ve yürüme hızı açısından olumlu değişiklikler sağladığı literatürde gösterilmiştir. Bu kazanımların, göreve özgü duyusal-motor geri bildirimler aracılığıyla kortikospinal ve spinal yolların reorganizasyonu sonucunda ortaya çıktığı düşünülmektedir (66).

Robot yardımlı yürüyüş eğitimi, kısmi vücut ağırlığı desteği ile hareketli yürüme bandı üzerinde bilateral kas aktivasyonu ve koordineli adım atma paternlerinin oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Göreve özgü ve yüksek tekrar sayısına dayanan bu yaklaşım, inkomplet SKY olan hastalar için potansiyel bir tedavi seçeneği olarak kabul edilmektedir. Robotik rehabilitasyon, simetrik bir yürüme paterni eşliğinde erken mobilizasyonu, ağırlık aktarma aktivitelerinin entegrasyonunu ve denge bileşenlerinin eş zamanlı çalışmasını desteklemektedir (6, 96). Yoğun ve tekrarlı egzersiz imkânı sunan bu sistemlerin, yürüme mesafesi, yürüme hızı, alt ekstremite kas kuvveti ve fonksiyonel mobilite düzeyini geliştirdiği bildirilmiştir (7). Buna karşılık bazı araştırmalarda, robot yardımlı yürüyüş eğitiminin eş süreli uygulanan konvansiyonel rehabilitasyon ile karşılaştırıldığında yürüme sonuçları açısından belirgin bir ek üstünlük sağlamadığı da bildirilmiştir (6, 64, 96). Bu durum, mevcut tedavi yaklaşımlarına rağmen birçok hastada kalıcı fonksiyonel kısıtlılıkların devam edebildiğini ve yeni destekleyici rehabilitasyon stratejilerine olan ihtiyacı gündeme getirmektedir (7).

Robotik rehabilitasyona ek olarak araştırmamızda kullanılan FESBE, pedal çevirme hareketi ile elektriksel stimülasyonu birleştirerek alt ekstremite kaslarının fizyolojik yürüme döngüsüne benzer bir patern içinde aktive edilmesini amaçlayan

bir yaklaşımdır. Kuadriseps ve tibialis anterior gibi temel kas gruplarının koordine biçimde uyarılması, periferik kas aktivasyonunu artırmakta ve fizyolojik yürüyüş paterninin simülasyonunu sağlamaktadır. Bu uyarıların, afferent girdiler ve antidromik aktivasyon yoluyla spinal ve supraspinal düzeydeki nörofizyolojik süreçlerin modülasyonuna katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Literatürde, FESBE'nin tekrarlayıcı ve ritmik yapısının santral patern jeneratörlerini modüle edebileceği, Hebbian öğrenme prensipleri doğrultusunda sinaptik bağlantıların güçlenmesini destekleyebileceği bildirilmektedir. Bu süreçlerin nörotrofik faktör ekspresyonundaki artış ile nöral reorganizasyona katkı sağlayabileceği öne sürülmektedir. Bu özellikleri ile FESBE, periferik kas aktivasyonu ile santral sinir sistemi düzeyindeki nöral ağ reorganizasyonunu eş zamanlı olarak hedefleyen tamamlayıcı bir nöromodülasyon yaklaşımı olarak değerlendirilmektedir (5, 75, 79).

Spinal kord yaralanması sonrası rehabilitasyon yaklaşımlarının etkinliği, yaralanma sonrası geçen süreye bağlı olarak farklılık göstermektedir. Önceki araştırmalar incelendiğinde, SKY sonrası rehabilitasyon programlarının hangi dönemde uygulanması gerektiğine ilişkin net ve standartlaştırılmış bir yaklaşım bulunmadığı görülmektedir (97). Akut ve subakut dönemde uygulanan rehabilitasyon yaklaşımlarının, spontan nörolojik iyileşmenin katkısıyla fonksiyonel kazanımlar üzerinde daha belirgin etkiler oluşturabildiği bildirilmektedir. Buna karşılık kronik dönemde elde edilen kazanımların daha sınırlı olduğu, iyileşme sürecinin daha yavaş ilerlediği ve hastalar arası değişkenlik gösterdiği belirtilmektedir (65, 98). Araştırmamızda, uygulanan rehabilitasyon yaklaşımlarının etkisini doğal iyileşme sürecinden bağımsız olarak değerlendirebilmek amacıyla, olay tarihinden itibaren en az altı ay geçmiş, kronik dönemdeki inkomplet SKY olan hastalar tercih edilmiştir. Bu yaklaşım, akut ve subakut dönemdeki hastaların dahil edildiği araştırmalardan farklılık göstermektedir (98, 99). Bu hasta grubunun seçimiyle, spontan iyileşme potansiyelinin sonuçlar üzerindeki etkisinin en aza indirilmesi ve elde edilen bulguların uygulanan rehabilitasyon protokollerinin klinik katkısını yansıtacak biçimde yorumlanması hedeflenmiştir.

Literatür incelendiğinde, robotik rehabilitasyon uygulamalarının seans süresi, haftalık sıklığı ve toplam uygulama süresi açısından belirgin bir heterojenlik

gösterdiği görülmektedir. Kronik inkomplet SKY olan hastalarda yapılan araştırmalarda seans sayılarının 12 ile 60 arasında, seans sürelerinin ise genellikle 30 ile 60 dakika arasında değiştiği bildirilmektedir (100, 101). Bu metodolojik çeşitlilik, robotik rehabilitasyon için standartlaştırılmış bir uygulama protokolü oluşturulmasını güçleştirmektedir (101). Guo ve ark. 2025 yılında yayımladığı güncel meta-analizde, yüksek toplam seans sürelerinde (>2000 dakika) hasta yorgunluğu ve tedaviye uyum sorunlarının rehabilitasyon etkinliğini kısıtlayabileceği vurgulanmıştır (100). Araştırmamızda uygulanan robotik rehabilitasyon protokolü, haftada beş gün, seans başına 30 dakika ve toplam 20 seans olacak şekilde planlanmıştır. Bu protokolün oluşturulmasında, SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun seans sayılarını ve sürelerini inceleyen güncel araştırmalar temel alınmıştır (6, 102). Ek olarak klinik uygulanabilirlik ve hasta toleransı da ön planda tutulmuştur (6, 71, 102). Araştırmamızda her iki grupta da tedavi protokolü genel olarak iyi tolere edilmiştir. Sadece robotik rehabilitasyon alan grupta yalnızca bir hastada geçici yorgunluk yakınması bildirilmiş olup bunun dışında tedaviye bağlı herhangi bir yan etki saptanmamıştır.

Robotik rehabilitasyona benzer biçimde, FESBE uygulamalarında da seans sayısı ve tedavi süresi açısından araştırmalar arasında belirgin heterojenlik bulunmaktadır. Bu nedenle standartlaştırılmış bir uygulama protokolü bildirilememektedir (5, 79). SKY olan hastaları içeren sistematik derlemeler, FESBE uygulamalarının seans sıklığı, uygulama süresi ve stimülasyon parametreleri açısından araştırmalar arasında belirgin farklılıklar gösterdiğini bildirmektedir (79, 103). Bu durum, ambulasyonu ve fonksiyonel iyileşmeyi hedefleyen standart bir FESBE protokolünün tanımlanmasını güçleştirmektedir. Van der Scheer ve ark.'nın güncel sistematik derlemesinde, FESBE uygulamalarının kas aktivasyonu ve nöromüsküler adaptasyonlar üzerinde olumlu etkiler sağlayabildiği gösterilmiştir (103). Ancak bu nöromüsküler kazanımların fonksiyonel ambulasyona dönüşmesini sağlayan uygulama süresi, seans sayısı ve stimülasyon özelliklerine ilişkin kanıt düzeyinin sınırlı olduğu vurgulanmaktadır (103). Araştırmamızda ise FESBE'nin uygulama süresi ve seans sayısı belirlenirken, Yaşar ve ark.'nın kronik dönem SKY olan hastalarda alt ekstremite motor skorunda ve fonksiyonel bağımsızlık düzeyinde

olumlu sonuçlar bildiren araştırması esas alınmıştır (83). Bu FESBE uygulama protokolü ile robotik rehabilitasyon programıyla birlikte uygulandığında aşırı yorgunluk oluşturmadan yürüme ile ilişkili duyusal-motor girdiyi artırmak hedeflenmiştir.

Robotik rehabilitasyonun SKY olan hastalarda alt ekstremite motor fonksiyonları, yürüme hızı, yürüme mesafesi ve fonksiyonel mobilite üzerinde olumlu etkiler sağladığı birçok araştırmada bildirilmiştir. Gil-Agudo ve ark. robotik rehabilitasyon uygulanan inkomplet SKY olan hastalarda yürüme mesafesi ve ambulasyon bağımsızlığında tedavi öncesine kıyasla anlamlı kazanımlar elde edildiğini göstermiştir (93). Benzer şekilde kronik SKY olan hastaları içeren sistematik bir derlemede, robotik rehabilitasyonun yürüme hızı üzerindeki etkilerinin heterojen olduğu buna karşın yürüme enduransı ve fonksiyonel ambulasyon düzeyi ile ilişkili sonuç ölçütlerinde anlamlı katkılar sağladığı bildirilmiştir (71). Ancak, robotik rehabilitasyonun konvansiyonel rehabilitasyona veya diğer rehabilitasyon yaklaşımlarına üstünlüğü konusunda literatürde net bir uzlaşı bulunmamaktadır. Nam ve ark. tarafından, akut dönemde daha belirgin etkiler bildirilmesine karşın, kronik SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun yürüme hızı ve yürüme mesafesi açısından konvansiyonel yaklaşımlarla karşılaştırıldığında istatistiksel bir üstünlük sağlamadığı vurgulanmıştır (6). Benzer biçimde, kronik inkomplet SKY olan hastaları içeren randomize klinik bir araştırmada, robotik rehabilitasyonun konvansiyonel rehabilitasyon yaklaşımları ile karşılaştırıldığında yürüme fonksiyonu açısından ek bir üstünlük sağlamadığı bildirilmiştir (104). Edwards ve ark. tarafından yapılan araştırmada ise kronik inkomplet SKY olan hastalarda 12 hafta ve toplam 36 seanslık robotik rehabilitasyon uygulanan grup ile konvansiyonel rehabilitasyon uygulanan grup arasında yürüme hızı açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır (105). Belirtilen araştırmada, robotik rehabilitasyonun güvenli ve uygulanabilir bir yöntem olduğu bildirilmekle birlikte, elde edilen klinik kazanımların her zaman fonksiyonel ambulasyonu değerlendiren sonuç ölçütlerine yansımadığı ifade edilmiştir (105).

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisinin özellikle kronik inkomplet SKY olan hastalarda motor fonksiyonlar ve ambulasyon kapasitesi

üzerinde kazanımlar sağlayabildiği literatürde bildirilmektedir. Güncel sistematik bir derlemede, FESBE uygulamalarının alt ekstremite kas kuvvetini artırdığı gösterilmiştir (103). Yaşar ve ark. kronik inkomplet SKY olan hastalara uygulanan FESBE programı sonrasında alt ekstremite motor ve fonksiyonel bağımsızlık skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğunu bildirmiştir (83). Benzer şekilde, Gürçay ve ark.'nın kronik SKY olan hastaların dahil edildiği araştırmasında, altı haftalık FESBE uygulaması sonrasında alt ekstremite motor skorlarında, fonksiyonel bağımsızlık skorlarında, yürüme hızında ve enduransında anlamlı iyileşmeler saptanmıştır (106). Bu bulgular, FESBE'nin kronik dönemde dahi alt ekstremite motor skorlarında ve fonksiyonel performans üzerinde olumlu etkiler sağlayabildiğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, elde edilen kazanımların büyüklüğünün hasta özelliklerine, uygulama süresine ve stimülasyon parametrelerine bağlı olarak değişkenlik gösterdiği literatürde vurgulanmaktadır (79).

Spinal kord yaralanması olan hastaların büyük bir yüzdesi, mevcut en iyi tedavi yaklaşımlarına rağmen yüksek mortalite riski ve kalıcı fonksiyonel kayıplarla yaşamaya devam etmektedir. Bu durum, yeni tamamlayıcı tedavilere duyulan ihtiyacın altını çizmektedir (7). Literatürde robotik rehabilitasyon, yürüme ile ilişkili bazı klinik parametrelerde iyileşme sağlayabilmekle birlikte; hastaların büyük çoğunluğunda fonksiyonel kazanımların sınırlı kalması, bu yaklaşımın tek başına her zaman yeterli olmadığını göstermektedir (6, 7). Nitekim, randomize kontrollü bir araştırmada, robotik rehabilitasyon öncesinde 30 seans uygulanan transkraniyal doğru akım stimülasyonunun, robotik rehabilitasyona tamamlayıcı bir nöromodülasyon yaklaşımı olarak sham uygulamaya kıyasla fonksiyonel ambulasyonda anlamlı iyileşmeler sağladığı gösterilmiştir (7). Bu doğrultuda araştırmamızda, robotik rehabilitasyon öncesinde uygulanan FESBE ile santral sinir sistemi düzeyinde motor yanıtı kolaylaştırabilecek bir hazırlık etkisi oluşturulması hedeflenmiştir (7). Robotik rehabilitasyondan hemen önce uygulanan FESBE'nin, elektriksel stimülasyonla sağlanan yoğun afferent girdiler ve olası antidromik aktivasyon yoluyla spinal kord düzeyindeki nöral devrelerin uyarılabilirliğini artırabileceği (79, 107) ve bu etkinin robotik rehabilitasyon sırasında motor öğrenme ve nöroplastisite süreçlerini destekleyebileceği varsayılmıştır.

Araştırmamızda, robotik rehabilitasyonun uygulandığı her iki grupta da tedavi sonrası AEMS'de istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır. Bu bulgu, kronik SKY olan hastalarda alt ekstremite motor fonksiyonlarında iyileşmenin mümkün olabileceğini göstermektedir. Kronik inkomplet SKY olan hastaların dahil edildiği randomize kontrollü bir araştırmada robotik yürüme eğitimi sonrasında anlamlı motor skor iyileşmeleri rapor edilmiştir (93). Yakın dönemde yayımlanan bir sistematik derleme ve meta analizde ise robotik rehabilitasyonun AEMS skorlarında anlamlı artış sağladığı bildirilmiştir (100). Literatürde söz konusu motor kazanımların, robotik sistemlerin sağladığı yoğun ve tekrarlayıcı görev odaklı hareket pratiğinin nöral aktivasyonu artırması yolu ile olduğu ifade edilmektedir (100).

Araştırmamızda her iki grupta da yürüme hızı ve enduransında istatistiksel olarak anlamlı artışlar saptanmasına karşın, WISCI-II skorlarında anlamlı bir değişim izlenmemiştir. WISCI-II'nin ordinal ve basamaklı yapısı nedeniyle yardımcı cihaz ve kişi desteğindeki değişimleri değerlendirmeye odaklandığı, buna karşılık yürüme hızı ve mesafesi gibi performansa dayalı ölçütlerdeki artışları her zaman yansıtmayabileceği daha önce bildirilmiştir (91). Nitekim, literatürde WISCI-II'nin üst ambulasyon basamakları ambulasyonun mümkün olduğu ve yardım düzeyinin azaldığı fonksiyonel düzeyler olarak tanımlanmaktadır. Bu basamaklarda yürüme performansında iyileşme görülmesine rağmen WISCI-II skorunun değişmeyebildiği ve bunun ölçeğin üst basamaklarda duyarlılığının azalmasıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir (108, 109). WISCI-II ölçeğinin bu kısıtlılığı "tavan etkisi" olarak tanımlanmakta ve ölçeğin performansa dayalı yürüme testleriyle birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (91, 108). Araştırmamızda başlangıç WISCI-II medyan değerlerinin robotik rehabilitasyon grubunda 12, robotik rehabilitasyona ek FESBE uygulanan grupta ise 13 olması, katılımcıların tedavi öncesinde yardım düzeyinin görece az olduğu üst ambulasyon basamaklarında yer aldıklarını göstermektedir. Bu başlangıç WISCI II skorları dikkate alındığında, yürüme hızı ve enduransındaki iyileşmelerin WISCI-II skoruna yansımamış olması, ölçeğin bu fonksiyonel düzeylerde kısıtlı duyarlılık göstermesiyle tutarlı bir bulgu olarak değerlendirilebilir.

Literatürde, WISCI-II skorlarında klinik olarak anlamlı değişimlerin, çoğunlukla seans sayısının ve toplam tedavi süresinin yeterli olduğu protokoller sonrasında ortaya çıktığı bildirilmektedir. Simis ve ark.'nın inkomplet SKY olan hastaları (yaralanma sonrası geçen süre: 1-36 ay) içeren randomize kontrollü araştırmalarında, robotik rehabilitasyon ile transkraniyal doğru akım stimülasyonunun birlikte uygulandığı müdahale grubu ile robotik rehabilitasyon ile sham stimülasyonun birlikte uygulandığı kontrol grubu karşılaştırılmış ve 15 seanslık tedavi sonrasında WISCI-II skorlarında grup içi iyileşme ve gruplar arası anlamlı fark saptanmamıştır. Buna karşılık, anlamlı iyileşmenin ancak 30 seanslık tedavi sonrasında ortaya çıktığı bildirilmiştir (7). Nöromodülatör yaklaşımların konvansiyonel rehabilitasyon ile birlikte uygulandığı inkomplet SKY olan hastaları içeren araştırmalarda bizim araştırmamıza benzer şekilde, 15 seanslık protokoller sonrasında WISCI-II skorlarında anlamlı bir basamak değişimi saptanmadığı bildirilmiştir (110, 111). Araştırmamızda uygulanan 20 seanslık protokolün yürüme performansını artırdığı görülmekle birlikte, ambulasyon bağımsızlığında bir üst basamağa geçiş için gerekli olan tedavi yoğunluğuna ulaşmak açısından kısıtlı kalmış olabileceği düşünülmüştür.

Araştırmamızda robotik rehabilitasyonun uygulandığı her iki grupta da 10MYT süresinde tedavi sonrasında tedavi öncesine göre istatistiksel olarak anlamlı iyileşme saptanmıştır. Literatürde robotik rehabilitasyonun yürüme hızı üzerindeki etkileri ile ilgili çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Çok merkezli klinik bir araştırmada kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik yürüme eğitiminin yürüme hızını tedavi sonrasında tedavi öncesine göre anlamlı düzeyde arttırdığı saptanmıştır. Bu etkinin tekrarlı ve ritmik adım eğitimi ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir (98). Güncel bir meta-analizde, kronik SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun 10MYT performansını iyileştirdiği ve bu etkinin yaralanma süresinden bağımsız olarak kronik dönemde de korunduğu rapor edilmiştir (100). Buna karşın, literatürde robotik rehabilitasyonun kronik SKY olan hastalarda yürüme hızını artırmadığını bildiren araştırmalar da mevcuttur. Kronik inkomplet SKY olan hastaların dahil edildiği randomize kontrollü bir araştırmada, sadece robotik rehabilitasyon uygulanan grupta 10MYT sonuçlarında grup içi istatistiksel olarak anlamlı bir

iyileşme saptanmamıştır (105). Robotik rehabilitasyonu inceleyen sistematik bir derlemede, robotik cihazların yürüme sırasında adım örüntüsünü önceden belirlenmiş ve düzenli bir yapıda yönlendirdiği ve bunun yürüyüş simetrisi ile postüral kontrol üzerinde olumlu etkiler sağlayabildiği belirtilmiştir (112). Ancak, robotik eğitimin hastanın kendi yürüme hızını ayarlamasına ve adım zamanlaması ile uzunluğu gibi bireysel yürüyüş parametrelerinde esneklik sağlamasına sınırlı olanak tanıması nedeniyle, yürüme hızına ilişkin sonuçların araştırmalar arasında tutarsız olduğu bildirilmiştir (105, 112). Liu ve ark. ise robotik yaklaşımların ek tedavilerle kombine edildiğinde yürüme performansı üzerindeki etkilerinin daha belirgin olabileceğini vurgulamıştır (94).

Spinal kord yaralanması olan hastalarda yürüme enduransının değerlendirilmesinde 6DYT yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak SKY gibi fonksiyonel kısıtlılığın daha fazla olduğu durumlarda testin uygulanabilirliği sınırlıdır (92). Altı dakikalık sürenin oluşturduğu yorgunluk, performans düşüşüne yol açabilmekte ve ölçümün ayırt ediciliğini azaltabilmektedir. Bu nedenle araştırmamızda, klinik uygulamada daha kısa sürede tamamlanabilen ve hastaları tolerans açısından daha az zorlayan 2DYT tercih edilmiştir. Literatürde 2DYT'nin geçerliliği ve güvenilirliği, 6DYT ile gösterdiği yüksek korelasyon ile desteklenmektedir. Willi ve ark. SKY olan hastalarda iki test arasında mükemmel düzeyde ilişki ($p < 0.001$) bildirmiştir (92). Sinovas-Alonso ve ark. ise sistematik derlemelerinde klinik kullanım açısından 2DYT'nin güvenilir bir alternatif olduğunu belirtmiştir (88). Bu veriler, araştırmamızda elde edilen 2DYT sonuçlarının literatürde SKY olan hastalarda yaygın olarak kullanılan 6DYT bulguları ile karşılaştırılabilir olduğunu düşündürmektedir. Robotik rehabilitasyonun yürüme enduransı üzerindeki etkileri incelendiğinde, Fleerkotte ve ark. kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyon sonrası 6DYT mesafesinde tedavi sonrasında tedavi öncesine göre anlamlı artış bildirmiştir (113). Daha geniş kapsamlı meta-analizlerde ise robotik eğitimin ambulasyon kapasitesi üzerinde anlamlı etkiler sağladığı gösterilmiştir (6, 101). Bu çerçevede araştırmamızda grup içi 2DYT ile saptanan yürüme mesafesi artışının literatür ile uyumlu olduğu ve robotik rehabilitasyonun yürüme enduransına katkı sağladığı söylenebilir.

Araştırmamızda yürüme performansının yanı sıra oturup kalkma, yön değiştirme ve dinamik denge gibi fonksiyonel mobilitenin farklı bileşenlerini değerlendirmek amacıyla ZKYT kullanılmıştır. Sinovas-Alonso ve ark. sistematik derlemelerinde ZKYT'nin, denge ve fonksiyonel mobilite bileşenlerini içermesi nedeniyle SKY olan hastalarda diğer yürüme testlerini tamamlayıcı ve güvenilir bir değerlendirme aracı olduğunu göstermiştir (88). Güncel bir meta-analizde, robotik rehabilitasyonun denge ve fonksiyonel mobilite ile ilişkili çok bileşenli ölçütlerde daha tutarlı iyileşmeler sağlayabildiği bildirilmiştir (101). Krishnan ve ark.'nın kronik inkomplet SKY olan hastalarda yürüttükleri araştırmada robotik rehabilitasyon uygulanan grupta kontrol grubuna kıyasla tedavi sonrası ZKYT skorlarında istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bildirilmiştir (114). Robotik rehabilitasyonun sağladığı yoğun propriyoseptif girdi ve tekrarlı ağırlık aktarma pratikleri, fonksiyonel geçiş ve manevra becerilerine katkı sağlayabilmektedir (94, 100). Bu mekanizmalar, robotik rehabilitasyon sonrasında ZKYT'de gözlenen iyileşmenin olası fizyolojik temelini oluşturabilir (94, 100). Bu doğrultuda, araştırmamızda ZKYT sürelerinde saptanan grup içi iyileşmelerin, literatürde bildirilen bulgularla uyumlu olduğu söylenebilir.

Araştırmamızda robotik rehabilitasyonun uygulandığı her iki grupta da tedavi sonrası tedavi öncesine göre OYBÖ-III toplam skorlarında ve mobilite alt skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artışlar saptanmıştır. Rehabilitasyonun temel hedefi, klinik ortamda elde edilen motor kazanımların günlük yaşama aktarılmasıdır. Robotik rehabilitasyonun fonksiyonel bağımsızlık üzerindeki olumlu etkileri literatürde bildirilmiştir. Bizim araştırmamıza benzer biçimde Gil-Agudo ve ark. inkomplet SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun etkilerini değerlendirdikleri randomize kontrollü araştırmalarında robotik rehabilitasyon uygulanan grupta OYBÖ-III skorlarında anlamlı grup içi iyileşme bildirmiştir (93). Bu kazanımların özellikle mobilite alanında belirgin olduğunu vurgulamışlardır. Moriarty ve ark. ise hem akut hem de kronik SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun etkilerini inceledikleri güncel sistematik derlemelerinde robotik rehabilitasyonun yalnızca ambulasyon parametrelerini değil, fonksiyonel bağımsızlık düzeyini de geliştirebildiği sonucuna varmıştır (115). Mobilite alt parametresini doğrudan

inceleyen sınırlı sayıdaki araştırmalarda da benzer kazanımların ön planda olduğu görülmektedir. Yıldız ve ark. akut ve kronik SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyonun etkilerini değerlendirdikleri araştırmalarında mobilite alt parametresinde bizim araştırmamıza benzer şekilde istatistiksel olarak anlamlı iyileşme saptamıştır (116).

Araştırmamızda hipotezimizin aksine yürüme hızı, yürüme enduransı, ambulasyon düzeyi ve fonksiyonel bağımsızlıkla ilişkili sonuç ölçütleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. Bu durumun olası nedenleri arasında tedavi süresinin ve seans sayısının yeterli olmaması yer alabilir. Robotik rehabilitasyon öncesi transkraniyal doğru akım stimülasyonunun uygulandığı, inkomplet SKY olan hastaların (yaralanma sonrası geçen süre: 1-36 ay) dahil edildiği randomize kontrollü bir araştırmada, 15 seanslık ara değerlendirmede fonksiyonel ambulatuvar ölçütler açısından sham grubu ve aktif stimülasyon grubu arasında anlamlı fark saptanmazken; 30 seanslık uygulama sonrasında aktif stimülasyon grubunda ambulasyon düzeyinde anlamlı üstünlük elde edildiği bildirilmiştir (7). Söz konusu araştırmada, belirli bir seans sayısına ulaşılmadan kortikal uyarılabilirlikteki artış ve motor öğrenme süreçlerindeki aktivasyon artışının klinik olarak ölçülebilir düzeye ulaşmayabileceği belirtilmiştir. Lokomat uygulaması öncesi yüksek frekanslı tekrarlayıcı transkraniyal manyetik stimülasyonun 20 seans uygulandığı ve inkomplet SKY olan hastaların (yaralanma sonrası geçen süre: 3-12 ay) dahil edildiği randomize kontrollü başka bir araştırmada ise aktif stimülasyon grubu ve sham grubu arasında anlamlı fark saptanmamıştır (99). Bu bulgular, tekrarlayan uygulamalarla oluşan kümülatif nöroplastik değişimlerin belirli bir eşik doza ulaştıktan sonra fonksiyonel ambulasyon ölçütlerine yansıyabileceğini düşündürmektedir (7, 99).

Araştırmamızda gruplar arasında sonuç ölçütleri açısından fark saptanmamasının diğer bir nedeni takip değerlendirmesinin yalnızca tedavi bitiminde yapılmış olması olabilir. Subakut inkomplet SKY olan hastalarda lokomat ile transkutanöz spinal kord stimülasyonunun birlikte uygulandığı güncel bir randomize kontrollü araştırmada, tedavi bitimi yapılan değerlendirmede aktif ve sham stimülasyon grupları arasında anlamlı fark saptanmamasına karşın; tedavi bitiminden

yaklaşık bir ay sonraki takip değerlendirmesinde aktif stimülasyon grubunda sham stimülasyon grubuna göre yürüme fonksiyonu ve ambulasyon düzeyinde anlamlı üstünlük ortaya çıktığı bildirilmiştir (117). Söz konusu araştırmada, nörofizyolojik değişimlerin klinik olarak anlamlı ve ölçülebilir fonksiyonel kazanımlara dönüşmesinin belirli bir zaman gerektirebileceği ifade edilmiştir. Takip döneminde gözlenen üstünlüğün, uyarılar ile başlatılan nöroplastisite mekanizmalarının sinir sistemi içinde zamanla kalıcı hale gelmesi ve hastaların artmış nöral kapasiteyi günlük yaşam aktiviteleri sırasında tekrarlayan motor kullanım yoluyla pekiştirmesiyle ilişkili olabileceği öne sürülmüştür (117). Başka bir ifadeyle, transkutanöz spinal kord stimülasyonunun yalnızca akut bir modülatör etki sağlamadığı, aynı zamanda deneyime bağımlı öğrenme süreçlerini destekleyen bir zemin oluşturabileceği belirtilmiştir (117). Bu durum, etkinin hemen tedavi bitiminde değil, takip değerlendirmelerinde daha belirgin hale gelmesini açıklayabilir. Araştırmamızda takip değerlendirmesinin yalnızca tedavi bitiminde yapılmış olması nedeniyle robotik rehabilitasyona ek olarak uygulanan FESBE'nin geç dönem etkileri ve olası ek katkıları değerlendirilememiştir

Araştırmamızda sonuç ölçütleri açısından her iki tedavi grubunda da grup içi anlamlı iyileşmeler olmasına karşın gruplar arasında fark saptanmamıştır. Bu durumun olası nedenlerinden biri de kullanılan AEMS, WISCI II, 10MYT gibi değerlendirme ölçeklerinin gruplar arası farkın ortaya konmasında yetersiz kalmış olması olabilir. Örneğin kronik inkomplet SKY olan hastalarda yapılan bir araştırmada lokomotor eğitim sonrasında izokinetik dinamometre ile ölçülen erken faz tork gelişiminde ve istemli aktivasyon kapasitesinde belirgin artışlar saptanmasına rağmen AEMS'de anlamlı değişiklik izlenmemiştir (118). AEMS, alt ekstremite anahtar kaslarının gücünü manuel kas testi ile değerlendirme esasına dayanmaktadır. Ancak kas gücü skorunun özellikle 4 ve üzeri olduğu durumlarda, manuel kas testi küçük fakat klinik olarak anlamlı değişimleri ayırt etmede yetersiz kalabilmektedir (119). Aynı manuel kas testi skorunu alan hastalarda dinamometre ile ölçülen objektif kuvvet değerlerinin geniş bir aralıkta dağıldığı bildirilmiştir (119, 120). Kronik inkomplet SKY olan hastalarda 12 haftalık lokomotor eğitimin yürüyüş performansı üzerine etkisinin incelendiği başka bir araştırmada ise hem 10MYT ile

hem de üç boyutlu kinematik yürüyüş analizi ile değerlendirme yapılmıştır (121). Üç boyutlu yürüyüş analizi kullanıldığında adım uzunluğu, adım simetrisi ve kadans parametrelerinin yanı sıra kalça, diz ve ayak bileği eklemleri arasındaki hareket zamanlamasını ve segmentler arası uyumu yansıtan yürüyüş organizasyonu ölçütlerinde anlamlı iyileşmeler saptansa da bu iyileşmelerin yürüyüş hızı ile her zaman paralel olmadığı bildirilmiştir (121). Robotik rehablitasyona ek olarak uygulanan FESBE'nin etkilerini farklı sonuç ölçütleri kullanarak değerlendiren ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

Araştırmamızın güçlü yönü, kronik inkomplet SKY olan hastalarda, robotik rehabilitasyona ek uygulanan FESBE'nin etkilerini inceleyen bildiğimiz kadarıyla ilk randomize klinik bir araştırma olmasıdır. Araştırmamızın kısıtlılıkları arasında araştırmanın tek merkezde yürütülmüş olması, çift kör tasarımın uygulanmamış olması, uzun dönem takip değerlendirmelerinin yapılmamış olması ve yalnızca konvansiyonel rehabilitasyon uygulanan bir kontrol grubunun bulunmaması sayılabilir. Araştırmamızın bulguları değerlendirildiğinde kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik yürüme eğitimine eklenen FESBE'nin alt ekstremite motor fonksiyonları, yürüme performansı ve fonksiyonel bağımsızlık açısından ek bir katkı sağlamadığı gösterilmiştir. Robotik rehabilitasyonun ve FESBE'nin daha farklı tedavi protokollerinde (seans, süre vb.) uygulandığı ve daha uzun süreli takip değerlendirmelerini içeren ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

6. SONUÇ

- Araştırmamızda kronik inkomplet SKY olan hastalarda, klasik nörorehabilitasyon programının yanı sıra uygulanan robotik rehabilitasyonun ve robotik rehabilitasyona ek FESBE uygulamasının alt ekstremite motor iyileşmesinde, fonksiyonel mobilitede, fonksiyonel bağımsızlık düzeyinde, yürüme hızında ve enduransında olumlu etkileri olduğu gösterilmiştir.
- Ambulasyon bağımsızlığını yansıtan WISCI-II skorlarında robotik rehabilitasyon grubunda ve robotik rehabilitasyona ek FESBE uygulanan grupta tedavi sonrası anlamlı bir değişim gösterilememiştir. Bu durum, elde edilen motor kazanımların ve ambulasyon performansı artışlarının ambulasyon bağımsızlığına aynı düzeyde yansımadığını düşündürmektedir.
- Kronik inkomplet SKY olan hastalarda robotik rehabilitasyona eklenen FESBE'nin alt ekstremite motor fonksiyonları, yürüme performansı ve fonksiyonel bağımsızlık açısından ek katkı sağlamadığı gösterilmiştir.
- Tedavi sürecinde yalnızca robotik rehabilitasyon grubunda bir hastada geçici yorgunluk yakınması bildirilmiş olup bunun dışında herhangi bir yan etki gözlenmemiştir. Uygulanan tedavi protokolleri genel olarak iyi tolere edilmiş ve güvenli bulunmuştur.
- Robotik rehabilitasyonun ve FESBE'nin farklı tedavi protokollerinde (seans, süre vb.) uygulandığı, daha farklı sonuç ölçütlerinin kullanıldığı ve daha uzun süreli takip değerlendirmelerini içeren ileri çalışmalara ihtiyaç vardır.

7. KAYNAKLAR

1. Nas K, Yazmalar L, Şah V, Aydın A, Öneş K. Rehabilitation of spinal cord injuries. World J Orthop. 2015;6(1):8-16.
2. Hernandez-Navarro A, Ros-Alsina A, Yurtseven M, Wright M, Kumru H. Non-invasive cerebral and spinal cord stimulation for motor and gait recovery in incomplete spinal cord injury: systematic review and meta-analysis. J Neuroeng Rehabil. 2025;22(1):53.
3. Cao J, Xie SQ, Das R, Zhu GL. Control strategies for effective robot assisted gait rehabilitation: the state of art and future prospects. Med Eng Phys. 2014;36(12):1555-66.
4. Couper SK, Smith M. The Effects of Functional Electrical Stimulation Cycling on Muscle Spasticity in Individuals With Spinal Cord Injury: A Systematic Review. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2025;31(1):77-99.
5. Ho CH, Triolo RJ, Elias AL, Kilgore KL, DiMarco AF, Bogie K, et al. Functional electrical stimulation and spinal cord injury. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2014;25(3):631-54, ix.
6. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. J Neuroeng Rehabil. 2017;14(1):24.
7. Simis M, Fregni F, Battistella LR. Transcranial direct current stimulation combined with robotic training in incomplete spinal cord injury: a randomized, sham-controlled clinical trial. Spinal Cord Ser Cases. 2021;7(1):87.
8. Ding W, Hu S, Wang P, Kang H, Peng R, Dong Y, Li F. Spinal Cord Injury: The Global Incidence, Prevalence, and Disability From the Global Burden of Disease Study 2019. Spine (Phila Pa 1976). 2022;47(21):1532-40.
9. Hascakova-Bartova R, Dinant JF, Parent A, Ventura M. Neuromuscular electrical stimulation of completely paralyzed abdominal muscles in spinal cord-injured patients: a pilot study. Spinal Cord. 2008;46(6):445-50.
10. Singh A, Tetreault L, Kalsi-Ryan S, Nouri A, Fehlings MG. Global prevalence and incidence of traumatic spinal cord injury. Clin Epidemiol. 2014;6:309-31.
11. Hardy TA. Spinal Cord Anatomy and Localization. Continuum (Minneap Minn). 2021;27(1):12-29.
12. Berg EJ, Ashurst JV. Anatomy, Back, Cauda Equina. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.
13. Drake R, Vogl W, Mitchell A, Tibbitts R, Richardson P. Gray's atlas of anatomy . Churchill Livingstone. Elsevier Philadelphia: 2008.

14. Bican O, Minagar A, Pruitt AA. The spinal cord: a review of functional neuroanatomy. Neurol Clin. 2013;31(1):1-18.

15. Barbiellini Amidei C, Salmaso L, Bellio S, Saia M. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: a large population-based study. Spinal Cord. 2022;60(9):812-9.

16. Kang Y, Ding H, Zhou H, Wei Z, Liu L, Pan D, Feng S. Epidemiology of worldwide spinal cord injury: a literature review. Journal of Neurorestoratology. 2017; 6:1-9.

17. Karacan I, Koyuncu H, Pekel O, Sümbüloglu G, Kirnap M, Dursun H, et al. Traumatic spinal cord injuries in Turkey: a nation-wide epidemiological study. Spinal Cord. 2000;38(11):697-701.

18. ISNCSCI 2019 Revision Released American Spinal Injury Association [Internet]. [cited 2023 Apr 11]. Available from: https://asiaspinalinjury.org/isncsci 2019 revision released 2019

19. Müller-Jensen L, Ploner CJ, Kroneberg D, Schmidt WU. Clinical Presentation and Causes of Non-traumatic Spinal Cord Injury: An Observational Study in Emergency Patients. Front Neurol. 2021;12:701927.

20. Hu X, Xu W, Ren Y, Wang Z, He X, Huang R, et al. Spinal cord injury: molecular mechanisms and therapeutic interventions. Signal Transduction and Targeted Therapy. 2023;8(1).

21. Dumont RJ, Okonkwo DO, Verma S, Hurlbert RJ, Boulos PT, Ellegala DB, Dumont AS. Acute spinal cord injury, part I: pathophysiologic mechanisms. Clin Neuropharmacol. 2001;24(5):254-64.

22. Yılmaz B. Omurilik Yaralanması: Patofizyoloji. Turkiye Klinikleri Physical Medicine Rehabilitation-Special Topics. 2020;13(2):1-5.

23. Anjum A, Yazid MD, Fauzi Daud M, Idris J, Ng AMH, Selvi Naicker A, et al. Spinal Cord Injury: Pathophysiology, Multimolecular Interactions, and Underlying Recovery Mechanisms. Int J Mol Sci. 2020;21(20).

24. Springer JE, Azbill RD, Knapp PE. Activation of the caspase-3 apoptotic cascade in traumatic spinal cord injury. Nat Med. 1999;5(8):943-6.

25. Hall ED, Wang JA, Bosken JM, Singh IN. Lipid peroxidation in brain or spinal cord mitochondria after injury. J Bioenerg Biomembr. 2016;48(2):169-74.

26. Kirshblum S, Snider B, Eren F, Guest J. Characterizing Natural Recovery after Traumatic Spinal Cord Injury. J Neurotrauma. 2021;38(9):1267-84.

27. Roberts TT, Leonard GR, Cepela DJ. Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale. Clinical Orthopaedics & Related Research. 2017;475(5):1499-504.

28. Vasquez N, Gall A, Ellaway PH, Craggs MD. Light touch and pin prick disparity in the International Standard for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSCI). Spinal Cord. 2013;51(5):375-8.

29. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, et al. International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Revised 2019. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2021;27(2):1-22.

30. Ameer MA, Tessler J, Munakomi S, Gillis CC. Central Cord Syndrome. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.

31. Shams S, Davidson CL, Arain A. Brown-Séquard Syndrome. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.

32. Kunam VK, Velayudhan V, Chaudhry ZA, Bobinski M, Smoker WRK, Reede DL. Incomplete Cord Syndromes: Clinical and Imaging Review. Radiographics. 2018;38(4):1201-22.

33. Engel-Haber E, Botticello A, Snider B, Kirshblum S. Incomplete Spinal Cord Syndromes: Current Incidence and Quantifiable Criteria for Classification. J Neurotrauma. 2022;39(23-24):1687-96.

34. Harrop JS, Hunt GE, Vaccaro AR. Conus medullaris and cauda equina syndrome as a result of traumatic injuries: management principles. Neurosurgical Focus. 2004;16(6):1-23.

35. Sezer N, Akkuş S, Uğurlu FG. Chronic complications of spinal cord injury. World J Orthop. 2015;6(1):24-33.

36. Berlowitz DJ, Wadsworth B, Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. Breathe (Sheff). 2016;12(4):328-40.

37. Berlly M, Shem K. Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. J Spinal Cord Med. 2007;30(4):309-18.

38. Prevention of Venous Thromboembolism in Individuals with Spinal Cord Injury: Clinical Practice Guidelines for Health Care Providers, 3rd ed.: Consortium for Spinal Cord Medicine. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2016;22(3):209-40.

39. Alabed S, Belci M, Van Middendorp JJ, Al Halabi A, Meagher TM. Thromboembolism in the Sub-Acute Phase of Spinal Cord Injury: A Systematic Review of the Literature. Asian Spine J. 2016;10(5):972-81.

40. Hagen EM, Rekand T, Grønning M, Færestrand S. Cardiovascular complications of spinal cord injury. Tidsskr Nor Laegeforen. 2012;132(9):1115-20.

41. Acute management of autonomic dysreflexia: individuals with spinal cord injury presenting to health-care facilities. J Spinal Cord Med. 2002;25 Suppl 1:S67-88.

42. Popa C, Popa F, Grigorean VT, Onose G, Sandu AM, Popescu M, et al. Vascular dysfunctions following spinal cord injury. J Med Life. 2010;3(3):275-85.

43. Samson G, Cardenas DD. Neurogenic bladder in spinal cord injury. Phys Med Rehabil Clin N Am. 2007;18(2):255-74, vi.

44. Rodriguez GM, Gater DR. Neurogenic Bowel and Management after Spinal Cord Injury: A Narrative Review. J Pers Med. 2022;12(7).

45. Elbasiouny SM, Moroz D, Bakr MM, Mushahwar VK. Management of spasticity after spinal cord injury: current techniques and future directions. Neurorehabil Neural Repair. 2010;24(1):23-33.

46. Adams MM, Hicks AL. Spasticity after spinal cord injury. Spinal Cord. 2005;43(10):577-86.

47. Ham W, Schoonhoven L, Schuurmans MJ, Leenen LP. Pressure ulcers from spinal immobilization in trauma patients: a systematic review. J Trauma Acute Care Surg. 2014;76(4):1131-41.

48. Teasell RW, Mehta S, Aubut JL, Ashe MC, Sequeira K, Macaluso S, Tu L. A systematic review of the therapeutic interventions for heterotopic ossification after spinal cord injury. Spinal Cord. 2010;48(7):512-21.

49. Widerström-Noga E. Neuropathic Pain and Spinal Cord Injury: Management, Phenotypes, and Biomarkers. Drugs. 2023;83(11):1001-25.

50. Siddall PJ, Middleton JW. Spinal cord injury-induced pain: mechanisms and treatments. Pain Manag. 2015;5(6):493-507.

51. Benevento BT, Sipski ML. Neurogenic bladder, neurogenic bowel, and sexual dysfunction in people with spinal cord injury. Phys Ther. 2002;82(6):601-12.

52. Courtois F, Alexander M, McLain ABJ. Women's Sexual Health and Reproductive Function After SCI. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2017;23(1):20-30.

53. Gibbs JC, Patsakos EM, Maltais DB, Wolfe DL, Gagnon DH, Craven BC. Rehabilitation interventions to modify endocrine-metabolic disease risk in individuals with chronic spinal cord injury living in the community (RIISC): A systematic search and review of prospective cohort and case-control studies. J Spinal Cord Med. 2023;46(1):6-25.

54. Bauman WA, Spungen AM, Adkins RH, Kemp BJ. Metabolic and endocrine changes in persons aging with spinal cord injury. Assist Technol. 1999;11(2):88-96.

55. Budd MA, Gater DR, Jr., Channell I. Psychosocial Consequences of Spinal Cord Injury: A Narrative Review. J Pers Med. 2022;12(7).

56. Goetz LL, De Jesus O, Munakomi S, McAvoy SM. Posttraumatic Syringomyelia. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing Copyright © 2025, StatPearls Publishing LLC.; 2025.

57. AlHuthaifi F, Krzak J, Hanke T, Vogel LC. Predictors of functional outcomes in adults with traumatic spinal cord injury following inpatient rehabilitation: A systematic review. J Spinal Cord Med. 2017;40(3):282-94.

58. Maritz R, Fellinghauer C, Brach M, Curt A, Gmünder HP, Hopfe M, et al. A Rasch-Based Comparison of the Functional Independence Measure and Spinal Cord Independence Measure for Outcome and Quality in the Rehabilitation of Persons with Spinal Cord Injury. J Rehabil Med. 2022;54:jrm00262.

59. Jackson AB, Carnel CT, Ditunno JF, Read MS, Boninger ML, Schmeler MR, et al. Outcome measures for gait and ambulation in the spinal cord injury population. J Spinal Cord Med. 2008;31(5):487-99.

60. Burns AS, Marino RJ, Flanders AE, Flett H. Clinical diagnosis and prognosis following spinal cord injury. Handb Clin Neurol. 2012;109:47-62.

61. Önder B. Omurilik Yaralanması: Rehabilitasyonu. Turkiye Klinikleri Physical Medicine Rehabilitation-Special Topics. 2020;13(2):31-5.

62. 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;88(3 Suppl 1):S62-70.

63. Alaca R. Spinal kord yaralanmasında rehabilitasyon. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Ankara: Güneş Kitabevi Ankara. 2011:2893-916.

64. Mekki M, Delgado AD, Fry A, Putrino D, Huang V. Robotic Rehabilitation and Spinal Cord Injury: a Narrative Review. Neurotherapeutics. 2018;15(3):604-17.

65. Dobkin BH. Spinal and supraspinal plasticity after incomplete spinal cord injury: correlations between functional magnetic resonance imaging and engaged locomotor networks. Prog Brain Res. 2000;128:99-111.

66. Hajela N, Mummidisetty CK, Smith AC, Knikou M. Corticospinal Reorganization after Locomotor Training in a Person with Motor Incomplete Paraplegia. BioMed Research International. 2013;2013:1-8.

67. Takakusaki K. Neurophysiology of gait: from the spinal cord to the frontal lobe. Mov Disord. 2013;28(11):1483-91.

68. Ditunno PL, Patrick M, Stineman M, Ditunno JF. Who wants to walk? Preferences for recovery after SCI: a longitudinal and cross-sectional study. Spinal Cord. 2008;46(7):500-6.

69. Demir SÖ. Omurilik Yaralanması: Robotik Rehabilitasyon. Turkiye Klinikleri Physical Medicine Rehabilitation-Special Topics. 2020;13(2):44-56.

70. Jezernik S, Colombo G, Keller T, Frueh H, Morari M. Robotic orthosis lokomat: a rehabilitation and research tool. Neuromodulation. 2003;6(2):108-15.

71. Cheung EYY, Ng TKW, Yu KKK, Kwan RLC, Cheing GLY. Robot-Assisted Training for People With Spinal Cord Injury: A Meta-Analysis. Arch Phys Med Rehabil. 2017;98(11):2320-31 e12.

72. Özgirgin N. Karagöz A. Fonksiyonel elektriksel stimulasyon. Dursun N, Dursun E Oğuz H, editors Tıbbi Rehabilitasyon.2:433-46.

73. Alain Claudel AV MG, Rossniel Marinas,Rolando T. Lazaro. Electrophysiological testing and electrical stimulation in neurological rehabilitation. Umphred's Neurological Rehabilitation2013. p. 1007-36.

74. Boyacı A. Nöromusküler Elektriksel Stimülasyon. Turkiye Klinikleri Physical Medicine Rehabilitation-Special Topics. 2015;8(1):44-50.

75. Karamian BA, Siegel N, Nourie B, Serruya MD, Heary RF, Harrop JS, Vaccaro AR. The role of electrical stimulation for rehabilitation and regeneration after spinal cord injury. J Orthop Traumatol. 2022;23(1):2.

76. Sheffler LR, Chae J. Neuromuscular electrical stimulation in neurorehabilitation. Muscle Nerve. 2007;35(5):562-90.

77. M DEİ. Fonksiyonel Elektriksel Stimulasyon ve Biogeribildirim. In: H O, editor. Tıbbi Rehabilitasyon. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2015. p. 281–98.

78. Duffell LD, Paddison S, Alahmary AF, Donaldson N, Burridge J. The effects of FES cycling combined with virtual reality racing biofeedback on voluntary function after incomplete SCI: a pilot study. J Neuroeng Rehabil. 2019;16(1):149.

79. Luo S, Xu H, Zuo Y, Liu X, All AH. A Review of Functional Electrical Stimulation Treatment in Spinal Cord Injury. Neuromolecular Med. 2020;22(4):447-63.

80. Yücel FN, Şanal C. Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu. Turkiye Klinikleri Physical Medicine Rehabilitation-Special Topics. 2025;18(1):89-95.

81. Kuhn D, Leichtfried V, Schobersberger W. Four weeks of functional electrical stimulated cycling after spinal cord injury: a clinical cohort study. Int J Rehabil Res. 2014;37(3):243-50.

82. Schick T. Functional electrical stimulation in neurorehabilitation: Springer; 2022.

83. Yasar E, Yilmaz B, Goktepe S, Kesikburun S. The effect of functional electrical stimulation cycling on late functional improvement in patients with chronic incomplete spinal cord injury. Spinal Cord. 2015;53(12):866-9.

84. Hopewell S, Chan AW, Collins GS, Hróbjartsson A, Moher D, Schulz KF, et al. CONSORT 2025 statement: updated guideline for reporting randomised trials. Bmj. 2025;389:e081123.

85. Donaldson N, Perkins TA, Fitzwater R, Wood DE, Middleton F. FES cycling may promote recovery of leg function after incomplete spinal cord injury. Spinal Cord. 2000;38(11):680-2.

86. Jonsson M, Tollbäck A, Gonzales H, Borg J. Inter-rater reliability of the 1992 international standards for neurological and functional classification of incomplete spinal cord injury. Spinal Cord. 2000;38(11):675-9.

87. Dittuno PL, Ditunno JF, Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. Spinal Cord. 2001;39(12):654-6.

88. Sinovas-Alonso I, Gil-Agudo Á, Cano-de-la-Cuerda R, Del-Ama AJ. Walking Ability Outcome Measures in Individuals with Spinal Cord Injury: A Systematic Review. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(18).

89. Catz A, Itzkovich M, Tesio L, Biering-Sorensen F, Weeks C, Laramee MT, et al. A multicenter international study on the Spinal Cord Independence Measure, version III: Rasch psychometric validation. Spinal Cord. 2007;45(4):275-91.

90. Kesiktas N, Paker N, Bugdayci D, Sencan S, Karan A, Muslumanoglu L. Turkish adaptation of Spinal Cord Independence Measure--version III. Int J Rehabil Res. 2012;35(1):88-91.

91. van Hedel HJ, Wirz M, Dietz V. Assessing walking ability in subjects with spinal cord injury: validity and reliability of 3 walking tests. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(2):190-6.

92. Willi R, Widmer M, Merz N, Bastiaenen CHG, Zörner B, Bolliger M. Validity and reliability of the 2-minute walk test in individuals with spinal cord injury. Spinal Cord. 2023;61(1):15-21.

93. Gil-Agudo Á, Megía-García Á, Pons JL, Sinovas-Alonso I, Comino-Suárez N, Lozano-Berrio V, Del-Ama AJ. Exoskeleton-based training improves walking independence in incomplete spinal cord injury patients: results from a randomized controlled trial. J Neuroeng Rehabil. 2023;20(1):36.

94. Liu S, Chen F, Yin J, Wang G, Yang L. Comparative efficacy of robotic exoskeleton and conventional gait training in patients with spinal cord injury: a meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. 2025;22(1).

95. Sandrow-Feinberg HR, Houlé JD. Exercise after spinal cord injury as an agent for neuroprotection, regeneration and rehabilitation. Brain Research. 2015;1619:12-21.

96. Schwartz I, Sajina A, Neeb M, Fisher I, Katz-Luerer M, Meiner Z. Locomotor training using a robotic device in patients with subacute spinal cord injury. Spinal Cord. 2011;49(10):1062-7.

97. Burns AS, Marino RJ, Kalsi-Ryan S, Middleton JW, Tetreault LA, Dettori JR, et al. Type and Timing of Rehabilitation Following Acute and Subacute Spinal Cord Injury: A Systematic Review. Global Spine J. 2017;7(3 Suppl):175s-94s.

98. Wirz M, Zemon DH, Rupp R, Scheel A, Colombo G, Dietz V, Hornby TG. Effectiveness of automated locomotor training in patients with chronic incomplete spinal cord injury: a multicenter trial. Arch Phys Med Rehabil. 2005;86(4):672-80.

99. Kumru H, Benito-Penalva J, Valls-Sole J, Murillo N, Tormos JM, Flores C, Vidal J. Placebo-controlled study of rTMS combined with Lokomat(®) gait training for treatment in subjects with motor incomplete spinal cord injury. Exp Brain Res. 2016;234(12):3447-55.

100. Guo S, Yang Y, Wang M, Wang D, Zhang Y, Wang Q, Deng Y. Effects of an exoskeleton robot on motor function in patients with spinal cord injuries: a systematic review and meta-analysis. Systematic Reviews. 2025;14(1).

101. Park JM, Kim YW, Lee SJ, Shin JC. Robot-Assisted Gait Training in Individuals With Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Ann Rehabil Med. 2024;48(3):171-91.

102. Stampacchia G, Olivieri M, Rustici A, D'Avino C, Gerini A, Mazzoleni S. Gait rehabilitation in persons with spinal cord injury using innovative technologies: an observational study. Spinal Cord. 2020;58(9):988-97.

103. van der Scheer JW, Goosey-Tolfrey VL, Valentino SE, Davis GM, Ho CH. Functional electrical stimulation cycling exercise after spinal cord injury: a systematic review of health and fitness-related outcomes. J Neuroeng Rehabil. 2021;18(1):99.

104. Piira A, Lannem AM, Sørensen M, Glott T, Knutsen R, Jørgensen L, et al. Robot-assisted locomotor training did not improve walking function in patients with chronic incomplete spinal cord injury: A randomized clinical trial. J Rehabil Med. 2019;51(5):385-9.

105. Edwards DJ, Forrest G, Cortes M, Weightman MM, Sadowsky C, Chang SH, et al. Walking improvement in chronic incomplete spinal cord injury with exoskeleton robotic training (WISE): a randomized controlled trial. Spinal Cord. 2022;60(6):522-32.

106. Gurcay E, Karaahmet OZ, Cankurtaran D, Nazli F, Umay E, Guzel S, Gurcay AG. Functional electrical stimulation cycling in patients with chronic spinal cord injury: a pilot study. Int J Neurosci. 2022;132(4):421-7.

107. Bae Y-H, Ko YJ, Chang WH, Lee JH, Lee KB, Park YJ, et al. Effects of Robot-assisted Gait Training Combined with Functional Electrical Stimulation on Recovery of Locomotor Mobility in Chronic Stroke Patients: A Randomized Controlled Trial. Journal of Physical Therapy Science. 2014;26(12):1949-53.

108. Ditunno JF, Barbeau H, Dobkin BH, Elashoff R, Harkema S, Marino RJ, et al. Validity of the Walking Scale for Spinal Cord Injury and Other Domains of Function in a Multicenter Clinical Trial. Neurorehabilitation and Neural Repair. 2007;21(6):539-50.

109. Ditunno JF, Jr., Ditunno PL, Scivoletto G, Patrick M, Dijkers M, Barbeau H, et al. The Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI/WISCI II): nature, metric properties, use and misuse. Spinal Cord. 2013;51(5):346-55.

110. Benito J, Kumru H, Murillo N, Costa U, Medina J, Tormos JM, et al. Motor and gait improvement in patients with incomplete spinal cord injury induced by high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation. Top Spinal Cord Inj Rehabil. 2012;18(2):106-12.

111. Kesikburun S, Uran Şan A, Yaşar E, Yılmaz B. The effect of high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on motor recovery and gait parameters in chronic incomplete spinal cord injury: A randomized-controlled study. Turk J Phys Med Rehabil. 2023;69(3):275-85.

112. Swinnen E, Duerinck S, Baeyens JP, Meeusen R, Kerckhofs E. Effectiveness of robot-assisted gait training in persons with spinal cord injury: a systematic review. J Rehabil Med. 2010;42(6):520-6.

113. Fleerkotte BM, Koopman B, Buurke JH, van Asseldonk EH, van der Kooij H, Rietman JS. The effect of impedance-controlled robotic gait training on walking ability and quality in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: an explorative study. J Neuroeng Rehabil. 2014;11:26.

114. Krishnan V, Kindig M, Mirbagheri M. Robotic-assisted locomotor training enhances ankle performance in adults with incomplete spinal cord injury. J Rehabil Med. 2016;48(9):781-6.

115. Moriarty B, Jacob T, Sadlowski M, Fowler M, Rowan C, Chavarria J, et al. The use of exoskeleton robotic training on lower extremity function in spinal cord injuries: A systematic review. J Orthop. 2025;65:1-7.

116. Yıldız A, Mustafaoğlu R, Kesiktaş N. The Effect of Assistive Robotic Technologies on Quality of Life and Functional Independence in Individuals with Spinal Cord Injury. Journal of Basic and Clinical Health Sciences. 2024;8(3):580-9.

117. Comino-Suárez N, Moreno JC, Megía-García Á, Del-Ama AJ, Serrano-Muñoz D, Avendaño-Coy J, et al. Transcutaneous spinal cord stimulation combined with robotic-assisted body weight-supported treadmill training enhances motor score and gait recovery in incomplete spinal cord injury: a double-blind randomized controlled clinical trial. J Neuroeng Rehabil. 2025;22(1):15.

118. Jayaraman A, Gregory CM, Bowden M, Stevens JE, Shah P, Behrman AL, Vandenborne K. Lower extremity skeletal muscle function in persons with incomplete spinal cord injury. Spinal Cord. 2006;44(11):680-7.

119. Peek K. Muscle strength in adults with spinal cord injury: a systematic review of manual muscle testing, isokinetic and hand held dynamometry clinimetrics. JBI Evidence Synthesis. 2014;12(5):349-429.

120. Noreau L, Vachon J. Comparison of three methods to assess muscular strength in individuals with spinal cord injury. Spinal Cord. 1998;36(10):716-23.

121. Nooijen CF, Ter Hoeve N, Field-Fote EC. Gait quality is improved by locomotor training in individuals with SCI regardless of training approach. J Neuroeng Rehabil. 2009;6:36.

8. ÖZGEÇMİŞ

I. Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı	: Zinnur Şeyda BİNGÖL
Doğum yeri ve tarihi	:
Uyruğu	:
Medeni durumu	:
İletişim	:
Yabancı dili	:

Eğitimi

- Tıpta Uzmanlık Eğitimi: SBÜ Gülhane Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2022 – Halen
- Lisans: Ankara Gazi Üniversitesi 2014-2020
- Lise: Elazığ Kaya Karakaya Fen Lisesi 2010-2014
- İlkokul: Bingöl Solhan Şehit Kaymakam Ersin Ateş İlköğretim Okulu

Ünvanı: Araştırma Görevlisi Asistan Doktor

Mesleki Deneyimi:

- SBÜ Gülhane Tıp Fakültesi FTR Anabilim Dalı, Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon EAH (Araştırma Görevlisi), 2022- Halen
- Solhan Devlet Hastanesi 2020-2021 (Pratisyen hekim)

Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

- Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Derneği
- Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Uzman Hekimleri Derneği

Yayınları Uluslararası makale: -

Poster:

- Pediatrik Popülasyonda Topuk Ağrısı Nedeni Olan Kalkaneal Apofizit Olgu Sunumu; 5. FTR Kurs Günleri Kongresi, 2025

Bilimsel Etkinlikleri

- 5. FTR Kurs Günleri Kongresi, 2025
- 1. Ulusal FTR Asistan Hekim Kongresi, 2025

Diğer Bilgiler

- Temel Kas İskelet Sistemi Ultrasonografisi Kursu, Aralık 2023
- Girişimsel Ultrasonografi Kursu, Aralık 2023

9. EKLER

EK-1: TEZ KONUSU ONAY FORMU

TEZ KONUSU ONAY FORMU

Uzmanlık Öğrencisinin Adı Soyadı: **Telefon:** **E-Posta:**	Zinnur Şeyda BİNGÖL
Uzmanlık Dalı:	Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon
Eğitim Kurumu:	Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Tıp Fakültesi / Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim Araştırma Hastanesi
Uzmanlık Eğitimine Başlama Tarihi:	29/06/2022
Uzmanlık Eğitimini Bitirme Tarihi:	29/06/2026
Program Yöneticisinin Adı Soyadı:	Prof. Dr. Arif Kenan TAN
***Tez Danışmanının Adı Soyadı:** **Ünvanı:** **Uzmanlık Dalı:** **Telefon:** **E-Posta:**	Merve ÖRÜCÜ ATAR Doçent Doktor Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon

***Sağlık Bakanlığı Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün 05.02.2020 tarihli ve 1544 sayılı yazısına istinaden *aynı disiplinden* ikinci bir tez danışmanı teklif edilmemelidir.**

***Araştırma/Tez Konusu (Study Title)**: Kronik İnkomplet Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Robotik Rehabilitasyona Ek Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisinin Yürüme Fonksiyonu ve Alt Ekstremite Fonksiyonel İyileşme Üzerine Etkisi
1-Araştırma Sorusu (Research Problem): Kronik inkomplet Spinal Kord Yaralanmalı hastalarda robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet Ergometrisinin hastaların motor fonksiyonu, yürüyüş mesafesi, yürüyüş kalitesi, dengesi ve fonksiyonel durumu üzerine kısa vadede olumlu etkileri var mı?
2-Arka Plan ve Gerekçe (Background/Rationale): Spinal kord yaralanması; hastanın kendine bakımında, mobilizasyonunda ve günlük yaşam aktivitelerinde önemli derecede sınırlanmaya sebep olur. Rehabilitasyon; hastaların bağımsızlığını arttırmak, komplikasyonları önlemek, tedavi etmek ve yaşam kalitesini arttırmak için elzemdir (1). İstatistikler, inkomplet SKY olan kişilerin %75'inden fazlasının ambulatuvar fonksiyonunu bir miktar geri kazanabildiğini göstermektedir (2). Rehabilitasyon sırasında ambulatuvar fonksiyonlarda önemli gelişmeler kaydedilebilse de, bireylerde yürüme hızında azalma, alt ekstremite koordinasyonunda ve postüral stabilitede

bozulma görülebilmektedir (3,4). SKY birçok fonksiyonda kayba neden olmasına karşın rehabilitasyon sürecinde en önemli hedeflerden birisi alt ekstremite motor fonksiyonların geliştirilmesi ve bireyin ambulasyonunun yeniden sağlanmasıdır (5). Son yıllarda artan teknolojik gelişmelerle beraber nörolojik hastalıklarda motor fonksiyonu ve ambulasyonu iyileştirmek için araştırılan konulardan birisi de robotik rehabilitasyondur. Robotik rehabilitasyon nörolojik hastalıklarda göreve yönelik tekrarlı hareketler sağlayarak kas kuvvetinin, koordinasyonun, motor fonksiyonların gelişmesine yardımcı olmaktadır. Robot yardımlı yürüme egzersizlerindeki mekanizma bilgisayar tarafından kontrol edilir ve yürüme ortezleri, vücut ağırlığını alan bir bel kemeri ile kombine bir süspansiyon sistemi ve yürüme bandından oluşur. Robot yardımlı yürüme egzersizi elektrikli ekzoskeleton sistemleriyle alt ekstremitenin hareketine destek olmaktadır. Aynı zamanda ağırlık destek sistemleriyle hastanın ağırlığını destekleyerek hastanın dik pozisyonda durmasını sağlar. Fizyolojik yürüme paternine en yakın yürüyüş güvenli bir şekilde elde edilmeye çalışılır. Kinematik olarak doğru adım egzersizi uygulamalarının normal hareketle ilişkili afferent geri beslemeyi geliştirdiği düşünülmektedir; böylece spinal ve supraspinal nöral devrelerdeki plastisitenin en üst düzeylere çıktığı düşünülmektedir (6-7). Fonksiyonel elektrik stimülasyonu (FES), paretik veya paralitik kasların fonksiyonel kapasitelerini geri kazandırmak veya geliştirmek için düşük voltajlı elektrik akımı ile uyarılmasının sağlandığı bir elektrik stimülasyonu yöntemidir. Klinik pratikte sıklıkla kullanılan ve araştırılan FES egzersiz modalitelerinden birisi de FES bisiklet ergometrisidir (8,9). Bilgisayar tarafından üretilen düşük voltajlı elektrik akımı, transkütan elektrotlar aracılığıyla kaslara iletilir. Bu sayede koordineli kasılmalar ve istemli kas hareketini taklit eden pedal çevirme hareketi ortaya çıkar. Motor aksonların stimülasyonunun merkezi sinir sistemindeki sinaptik organizasyonu değiştirerek sinir iletimini yeniden sağladığı düşünülmektedir (10). Bisiklete binme gibi yürümeye benzer karşılıklı hareketlerin alt ekstremitede karşılıklı duyusal geri bildirim yoluyla merkezi aktivasyona yol açtığı ve bu ilkelere dayanarak, FES bisiklet ergometrisinin fonksiyonel iyileşme için potansiyel bir terapötik etkiye sahip olduğu düşünülmektedir (11). SKY'li hastaların büyük bir yüzdesi mevcut en iyi tedavilerle bile yüksek mortalite riski ve fonksiyonel kayıplarla yaşamaya devam etmekte ve bu durum yeni adjuvan tedavilere duyulan ihtiyacın altını çizmektedir (12,13). Bildiğimiz kadarıyla, robotik rehabilitasyona ek FES bisiklet ergometrisinin alt ekstremite fonksiyonel iyileşme ve ambulasyon üzerine etkisini kronik inkomplet SKY'li hastalarda araştıran başka bir araştırma yoktur. Literatürde bu alandaki eksiklikleri gidermek ve yeni çalışmalara öncülük etmek amacıyla bu çalışma planlanmıştır.

3-Araştırma Amacı (Objectives): Kronik inkomplet SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektirk stimülasyonu bisiklet ergometrisinin alt ekstremite fonksiyonel iyileşme ve ambulasyon üzerine etkisini araştırmaktır.

4-Hipotez (Hypothesis): Robotik rehabilitasyona ek FES bisiklet ergometrisi uygulanan grupta sadece robotik rehabilitasyon uygulanan gruba göre daha iyi fonksiyonel iyileşme ve ambulasyon elde edileceğidir.

5-Araştırma Türü/Tasarım (Study Design): Prospektif randomize tek merkezli klinik çalışma

6- Araştırma Yeri (Study Setting/ Location): Araştırmanın SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim Araştırma Hastanesi'nde hastane tabanlı, tek merkezli olarak yürütülmesi planlanmaktadır.

7- Araştırmaya Katılanlar/Denekler (Study Population): Çalışmada araştırılacak hasta grubu; SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi omurilik hasarı rehabilitasyon kliniğinde yatarak tedavi gören veya ayaktan tedavi için başvuran hastaların

anamnez, fizik muayene ve radyolojik incelemeleri değerlendirilerek motor inkomplet spinal kord yaralanmalı hastalar arasından seçilecektir

Dahil olma kriterleri:

- Motor İnkomplet spinal kord hasarı (ASIA C ve D) olması
- SKY'den sonra en az 6 ay geçmiş olması
- 18-65 yaş arası olması
- Bağımsız olarak ya da baston/kanedyen gibi yardımcı yürüme cihazları ile en az 10 metre yürüyebiliyor olmak
- Hastaların çalışmaya katılmaya razı olduğunu gösteren aydınlatılmış onam formunu imzalaması

Dışlama kriterleri:

- Alt ekstremite eklemlerinde hareketi engelleyecek düzeyde şiddetli spastisite veya eklem kontraktürü olması
- Alt ekstremitede metalik implant olması
- Sakral veya koksigeal evre 2 ve üzeri basınç yarası olması
- Eşlik eden periferik nöropati olması
- Daimi sonda olması
- Yürüyüş egzersizi uygulamalarının kontraendike olduğu durumlar (kognitif açıdan egzersiz uyumunun olmaması, stabil olmayan epilepsi veya açıklanamamış konvülsiyon hikayesi, stabil olmayan akut kardiyak aritmi veya kalp yetmezliği, kardiyak pacemaker olması
- Anketi ve değerlendirme ölçeklerini doldurmayı engelleyecek psikiyatrik bozukluk veya bilişsel problemin olması
- Başka bir nörolojik veya kas hastalığının olması

Hastalar bu kriterlere göre seçildikten ve elendikten sonra robotik rehabilitasyon ve robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi tedavi gruplarına randomize olarak atanacaklardır.

8- Araştırmanın Birincil ve İkincil Sonuç Değişkenleri (Primary and Secondary Outcome):
Birincil sonuç değişkenleri American Spinal Injury Association (ASIA) bozukluk skalasına göre alt ekstremite anahtar motor kaslarının (kalça fleksiyonu, diz ekstansyonu, ayak bileği dorsifleksiyonu, ayak bileği plantar fleksiyonu, ayak baş parmak ekstansiyonu) Alt Ekstremite Motor Skor (AEMS) ile değerlendirmesi ve ambulasyonun Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi (WISCI II) yer almaktadır. İkincil sonuç değişkenleri ise Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği (OYBÖ), 10 Metre Yürüme Testi, 2 Dakika Yürüme Testi ve Zamanlı Kalk ve Yürü Testi'dir.
Değerlendirmeler tedavi başlamadan hemen önce, tedavinin bitiminde uygulanacaktır.

9- Araştırma Süreçleri (Study Procedures): SBÜ Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim Araştırma Hastanesi'ne başvuran motor inkomplet spinal kord yaralanmalı ayaktan ve/veya yatan hastalar anamnez, fizik muayene ve radyolojik incelemeleri değerlendirilerek, dahil edilme ve dışlanma kriterlerine göre çalışmaya dahil edilecektir. Hastaya yapılacak değerlendirme ile hastanın demografik bilgileri (yaş, cinsiyet, boy, kilo, beden kitle indeksi, eğitim düzeyi, meslek, medeni durum vs) ve klinik bilgileri (olay tarihi, yaralanma sebebi, parapleji seviyesi, fonksiyonel durumu, ambulasyona yardımcı ortez kullanımı) kaydedilecektir. Hastalar bilgisayar temelli randomizasyon şemasına göre robotik rehabilitasyon tedavi grubu ve robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi tedavi grubu olmak üzere iki gruba ayrılacaktır. Robotik rehabilitasyon; alt ekstremite rehabilitasyonu ve ambulasyonuna yönelik SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde robotik rehabilitasyon ünitesinde bulunan Lokomat v5 (Hocoma, Volketswil, Switzerland) cihazı ile 30 dakikalık seanslar şeklinde uygulanacaktır. Robotik

yardımlı yürüyüş egzersizi, yürüyüş egzersiz robotunda 4 hafta boyunca toplam 20 seans hekim gözetiminde uygulanacaktır.

Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu (FES) bisiklet ergometrisi uygulaması için SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde bulunan akım kontrollü altı kanallı stimülatör (RT 300-SLSA; Restorative Therapies, Baltimore, MD, ABD) kullanılacaktır. Hastalar kendi tekerlekli sandalyelerinde FES bisiklet sisteminin önüne yerleştirilip ayakları ve bacakları bisiklet sisteminin pedallarına ve kruris desteklerine bağlanacaktır. Manuel yardım olmadan bisiklet sürmek için kas kasılmasını sağlamak üzere 3 × 4 cm2 yapışkan yüzey elektrotlar aracılığıyla kuadriseps, hamstring ve tibialis anterior kaslar altı kanalla iki taraflı olarak uyarılacaktır (14). Aktif elektrotlar; kuadriceps kası üzerinde spina iliaka anterior superior ile patella arasındaki orta noktaya; hamstring kasları üzerinde tüberositaz iliaka ile popliteal fossa arasındaki orta noktaya ve tibialis anterior kası üzerinde patella ile tibiotalar eklem arasındaki mesafenin yaklaşık dörtte biri ile üçte biri arasına, tibianın medial şaftına paralel ve hemen lateraline yerleştirilecektir. Referans elektrotlar; sırasıyla kuadriseps, hamstring ve tibialis anterior kaslar üzerinde patellanın 2 cm yukarısına, popliteal fossanın 2 cm yukarısına ve patellanın 2 cm aşağı lateraline yerleştirilecektir. Stimülasyon parametreleri: pulse genişliğinin 250 µs; pulse frekansının 20 Hz; ve genliğin 10 ila 140 mA arasında olması planlanmaktadır (11,14).

Ayrıca her iki grupta bulunan hastalar hangi grupta olduğundan bağımsız olarak tedavi bitimine dek haftada 5 seans olacak şekilde eklem hareket açıklığı, germe, güçlendirme ve ambulasyona yönelik klasik nörorehabilitasyon programına alınacaklardır.

Hastaların tedavi öncesi ve tedavi sonrası değerlendirmeleri yapılacaktır. Elde edilen veriler arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki olup olmadığı incelenecektir. Çalışmanın kontrol grubu bulunmamaktadır.

10-Örnek Büyüklüğü ve İstatistiksel Güç (Sample Size and Statistical Power): Örneklem büyüklüğü G*power (V3.1) (Heinrich-HeineUniversität Düsseldorf, Düsseldorf, Germany; http://www.gpower.hhu.de/) programı kullanılarak hesaplanmıştır. Angel Gil-Agudo ve arkadaşlarının yaptığı çalışma referans alınmak kaydıyla WISCI II'de uygulama öncesi ve sonrası değişim değerleri 3,54 ± 2,65 ve 0,7 ± 1,49 için etki büyüklüğü 1,32, çalışmanın gücü %95, tip 1 hata 0.05 kabul edildiğinde her gruba 16 hasta hesaplanmıştır. %20'lik hasta kayıp oranı dikkate alındığında her gruba 19 hasta alınması planlanmaktadır.

11- İstatistiksel Yöntemler (Statistical Methods): Verilerin analizinde SPSS 25.0 yazılımı kullanılacaktır. Verilerin ifadesinde sürekli veriler için ortalama±standart sapma, kesikli veriler için frekans (yüzde) kullanılacaktır. Kategorik değişkenlerin karşılaştırmasında ki-kare testinden yararlanılacaktır. Verilerin normal dağılıma uyup uymadığı Kolmogorov–Smirnov testi ile kontrol edilecektir. Bağımsız iki grup karşılaştırmalarında ölçümle elde edilen değişkenler normal dağılıma uyarsa student-t testi, normal dağılıma uymazsa Mann-Whitney U testi kullanılacaktır. Grup içi bağımlı verilerin 2 den fazla karşılaştırılmasında normal dağılıma uyan veriler için tekrarlı ölçümlerde varyans analizi, normal dağılıma uymayan verilerde Friedman testi, ikili karşılaştırmalarda ise normal dağılıma uyan veriler için bağımlı gruplarda t testi, uymayanlarda Wilcoxon testi kullanılacaktır. $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilecektir

12-Etik Öngörü (Ethical Considerations): Araştırma Helsinki deklarasyonu, İyi Klinik Uygulama (Good Clinical Practice) ilkelerine uygun olup, denek araştırma etik kuralları ile çelişmemektedir.

13- Anahtar Kelimeler (Key Words): Spinal kord yaralanması, Robotik rehabilitasyon, Fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi

Kaynaklar

1. Nas K, Yazmalar L, Şah V, Aydın A, Öneş K. Rehabilitation of spinal cord injuries. World J Orthop. 2015 Jan 18;6(1):8-16 (')

2. Hornby TG, Zemon DH, Campbell D. Robotic-assisted, body-weight-supported treadmill training in individuals following motor incomplete spinal cord injury. Phys Ther. 2005 Jan;85(1):52-66. PMID: 15623362.

3. Dietz V , Colombo G, Jensen L, Baumgartner L. Locomotor capacity of spinal cord in paraplegic patients. Ann Neurol.1995 ;37:574-582.

4. Visintin M , Barbeau H. The effects of body weight support on the locomotor pattern of spastic paretic patients. Can J Neurol Sci.1989 ;16:315–325.

5. Stampacchia G, Olivieri M, Rustici A, D'Avino C, Gerini A, Mazzoleni S. Gait rehabilitation in persons with spinal cord injury using innovative technologies: an observational study. Spinal Cord. 2020 Sep;58(9):988-997. doi: 10.1038/s41393-020-0454-2. Epub 2020 Apr 6. PMID: 32251368.

6. Dobkin BH . Spinal and supraspinal plasticity after incomplete spinal cord injury: correlations between functional magnetic resonance imaging and engaged locomotor networks. Prog Brain Res.2000 ;128:99–111.

7. Wernig A , Muller S. Laufband locomotion with body weight support improved walking in persons with severe spinal cord injuries. Paraplegia.1992 ;30:229–238.

8. Van der Scheer JW, Martin Ginis KA, Ditor DS, Goosey-Tolfrey VL, Hicks AL, West CR, et al. Effects of exercise on fitness and health of adults with spinal cord injury: a systematic review. *Neurology*. 2017;**89**(7):736–745. doi: 10.1212/WNL.0000000000004224

9. Ibitoye MO, Hamzaid NA, Hasnan N, Abdul Wahab AK, Davis GM. Strategies for rapid muscle fatigue reduction during FES exercise in individuals with spinal cord injury: a systematic review. *PLoS ONE*. 2016;**11**(2):e0149024. doi: 10.1371/journal.pone.0149024.

10. Rushton DN . Functional electrical stimulation and rehabilitation—an hypothesis. Med Eng Phys 2003; 25: 75–78.

11. Yaşar E, Yılmaz B, Göktepe S, Kesikburun S. The effect of functional electrical stimulation cycling on late functional improvement in patients with chronic incomplete spinal cord injury. Spinal Cord. 2015 Dec;53(12):866-9. doi: 10.1038/sc.2015.19. Epub 2015 Feb 17. Erratum in: Spinal Cord. 2015 Dec;53(12):900. PMID: 25687513.
12. Nam KY, Kim HJ, Kwon BS, Park JW, Lee HJ, Yoo A. Robot-assisted gait training (Lokomat) improves walking function and activity in people with spinal cord injury: a systematic review. J Neuroeng Rehabil. 2017;14:24.

13. Leite VF, Souza DR, Imamura M, Battistella LR. Post-discharge mortality in patients with traumatic spinal cord injury in a Brazilian hospital: a retrospective cohort. Spinal Cord. 2019;57:134–140.

14. Donaldson N, Perkins TA, Fitzwater R, Wood DE, Middleton F. FES cycling may promote recovery of leg function after incomplete spinal cord injury. Spinal Cord. 2000 Nov;38(11):680-2. doi: 10.1038/sj.sc.3101072. PMID: 11114775.

EK-2: GÜLHANE TIP FAKÜLTESİ TEZ İNCELEME VE DEĞERLENDİRME AKADEMİK KURULU KABUL KARARI

Evrak Tarih ve Sayısı: 03.10.2024-401490

T.C.
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ
Gülhane Tıp Fakültesi Dekanlığı

Sayı : E-86241737-100--401490 03.10.2024
Konu : GTF Tez İnceleme ve Değerlendirme Akademik Kurulu Kararları

DAĞITIM YERLERİNE

Gülhane Tıp Fakültesi Tez İnceleme ve Değerlendirme Akademik Kurulu, 01.10.2024 tarihinde saat 14:00'da Gülhane Tıp Fakültesi Dekan Yardımcısı Prof.Dr.Özhan ÖZDEMİR başkanlığında üyelerin uzaktan dijital ortamda online katılımı ile toplanmıştır.

Toplantıda, Dekanlığımızla afiliye olan SUAM'larda görevli 60 (altmış) uzmanlık öğrencisine ait tez incelenerek değerlendirilmiş olup; tezlerle ilgili olarak oybirliği ile alınan kararlar Ek'tedir. Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof. Dr. Mehmet Ali GÜLÇELİK
Dekan

Ek:Kurul Kararı

Dağıtım:
Kulak,Burun ve Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanlığına
Genel Cerrahi Anabilim Dalı Başkanlığına
Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı Başkanlığına
İç Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanlığına
Deri ve Zührevi Hastalıkları Anabilim Dalı Başkanlığına
Tıbbi Genetik Anabilim Dalı Başkanlığına
Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Başkanlığına
Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı Başkanlığına
Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı Başkanlığına
Ankara Atatürk Sanatoryum Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne
Ankara Dışkapı Yıldırım Beyazıt Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne
Ankara Dr. Abdurrahman Yurtaslan Onkoloji Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne
Ankara Gülhane Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne
Ankara Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne
Ankara Şehir Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne
Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Sağlık Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğüne

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu :*BSULJ1RN5K* Pin Kodu :44572 Belge Takip Adresi : https://www.turkiye.gov.tr/sbu-ebys

Adres:Sağlık Bilimleri Üniversitesi Gülhane Yerleşkesi Emrah Mah. 0618 Evlik/Keçiören/ANKARA
Telefon:0 312 304 61 73 Faks:0 312 304 61 90
Web:http://sbu.edu.tr
Kep Adresi:sbu@hs01.kep.tr

Bilgi için: Levent YILDIRIM
Ünvanı: Uzman

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

S NO	UZMANLIK ÖĞRENCİSİNİN ADI SOYADI	GÖREV YERİ	TEZ KONUSU	SONUÇ
1	Dr. İzel CAZIMOĞLU	Ankara Sağlık SUAM	Glokom tiplerinde kornea biyomekaniği ve lamina kribroza ilişkisinin değerlendirilmesi'	Kabul Edildi.
2	Dr. Ahsen Eslem KESKİN	Ankara Sağlık SUAM	Deri ve zührevi hastalıkları uzmanlık öğrencilerinin kozmetik uygulamalar hakkında aldıkları eğitim ve davranış eğilimleri'	Kabul Edildi.
3	Dr. Gülendam GEZİCİ SUNGU	Ankara Şehir SUAM	Transkutan yolla takılan kalp ritim düzenleyici cihazları bulunan çocuk kalp hastalarının değerlendirilmesi "	Kabul Edildi.
4	Dr. Berkcan DEMİREL	Ankara Şehir SUAM	Metastatik olmayan sol kolon kanseri sebebiyle robotik,laparoskopik ve elektif açık cerrahi yapılan hastalarda klinikopatolojik özelliklerin ve post operatif erken dönem sonuçlarının incelenmesi	Kabul Edildi.
5	Dr. Kübra ATILAN	GTF Tıbbi Mikrobiyoloji AD.Bşk.ığı	Farklı bölgelerden toplanan propolis örneklerinin antimikrobiyal ve antibyofilm aktivitelerinin değerlendirilmesi	Kabul Edildi.
6	Dr. Gözde BOLU	Ankara Şehir SUAM	Şizofreni Hastalarında düşünce süreci bozuklukları ve bilişsel işlevlerin şiddet içeren suç işleme Davranışları ile İlişkisinin Araştırılması	Kabul Edildi.
7	Dr. Emre KARAKAVAK	Ankara Sağlık SUAM	Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi Aile Hekimliği Polikliniklerine Başvuran 18-65 Yaş Arası Kişilerde Boğaz Ağrısında Öz Yönetim ve Sağlık Hizmeti Arama Davranışı	Kabul Edildi.
8	Dr.Gamze YAVUZ ÖZERDEM	GTF Fiziksel Tıp ve Reh AD. Bşk.lığı	Hemiplejik omuz ağrısının tedavisinde düşük ve yüksek yoğunluklu lazet tedavisinin etkinliğinin karşılaştırılması Randomize kontrollü çalışma	Kabul Edildi.
9	Dr.Rabia Büşra KÖKÇEK ADIGÜZEL	GTF Fiziksel Tıp ve Reh AD. Bşk.lığı	Üst eksemite amputasyonu olan bireylerde standart myoelektrik el ve biyonik el kullanımının karşılaştırılması	Kabul Edildi.
10	Dr.Sultan Ceren PINARBAŞI DEMİR	GTF Fiziksel Tıp ve Reh AD. Bşk.lığı	Karpal tünel sendromlu hastalarda ultrason eşliğinde serum fizyolojik hidrodiseksiyonunun [illegible]	Kabul Edildi.
11	Dr. Zinnur Şeyda BİNGÖL	GTF Fiziksel Tıp ve Reh AD. Bşk.lığı	Kronik İnkkomplet spinal kord yaralanmalı hastalarda robotik rehebilitasyonu ek fonksiyonel elektirik simülasyonu bisiklet ergometrisinin yürüme fonksiyonu ve alt ekseremite fonksiyonel iyileşme üzerine etkisi	Kabul Edildi.
12	Dr. Ceren ÖZDEMİR AL	Ankara Şehir SUAM	Transkateter Aort Kapak İmplantasyonu yapılan kişilerde,Pulmoner pulse transit zamanı (pPTT),sağ ventrikül fonksiyonları,diyastolik fonksiyonlar ve strain ekokardiyografi paremetrelerinin değişimlerinin incelenmesi planlanmıştır.	Kabul Edildi.
13	Dr.Leyla ÇOBANOĞLU CİNGÖZ	Ankara Sağlık SUAM	Sigaranın Kullanımının Kan Parametreleri üzerine etkileri'	Kabul Edildi.
14	Dr.Umut Göktan DUMAN	GTF Tıbbi Biyokmya AD Bşk.lığı	Kanser hastalarında serum triazol antifungal ilaç düzeyleri ölçümü için sıvı kramogtarafi tandem kütle spektrometresi LCMS/MS metodu geliştirilmesi validasyonu	Kabul Edildi.
15	Dr.Enes DOĞANAY	Ankara Sağlık SUAM	'Pilonidal Sinüslarde Kıl Temizliği Sonrasında Debritman+Fenol Uygulama Yöntemi İle Sadece Debritman Uygulamanın Karşılaştırılması'	Kabul Edildi.
16	Dr.Oğuzhan UĞUR	Ankara Dr. Abdurrahman Yurtaslan Onkoloji SUAM	Sosyal ankisiyete bozukluğu olan hastalarda sosyal medya kullanım bozukluğu ve metakognisyonlarla ilişkisi	Kabul Edildi.
17	Dr. Selda Nur ÖZKAN BACAK	GTF Deri ve Züh Hst AD.Bşk.lığı	Herpes zoster gelişiminde klinik ve demografik özelliklerin değerlendirilmesi	Kabul Edildi.

EK-3: ETİK KURUL ONAY FORMU

ANKARA ETLİK ŞEHİR HASTANESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR DEĞERLENDİRME VE ETİK KURULU

Araştırmanın Açık Adı	Kronik İnkomplet Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Robotik Rehabilitasyona Ek Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisinin Yürüme Fonksiyonu ve Alt Ekstremite Fonksiyonel İyileşme Üzerine Etkisi
Çalışmaya Etik Kurul Tarafından Verilen Numara/Kod	AEŞH-BADEK-2024-1028

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Ankara Etlik Şehir Hastanesi Bilimsel Araştırmalar Değerlendirme ve Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Etik Kurul Sekreterliği Varlık Mh. Halil Sezai Erkut Cc. No:5 Etlik/ANKARA
	TELEFON	0312 797 00 00/ 123098
	E-POSTA	etliksh.etikkurul@saglik.gov.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	Sorumlu Araştırmacı Unvanı/Adı/Soyadı	Doç. Dr. Merve ÖRÜCÜ ATAR		
	Sorumlu Araştırmacının Uzmanlık Alanı	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon		
	Sorumlu Araştırmacının Bulunduğu Merkez/Klinik	Ankara Etlik Şehir Hastanesi		
	Araştırmanın Amacı	Tez ☒	Akademik ☐	
	Tez Sahibi	Zinnur Şeyda BİNGÖL		
	ARAŞTIRMANIN TÜRÜ	PROSPEKTİF	☒	
		Analitik	☐	
		Kesitsel	☐	
		Vaka-Kontrol	☐	
		Kohort	☐	
		Metodolojik	☐	
		Anket/Ölçek	☐	
		Tanımlayıcı	☐	
		RETROSPEKTİF	☐	
		Diğer ise belirtiniz :		
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☒

KARAR BİLGİLERİ	**Karar No:AEŞH-BADEK-2024-1028**	**Tarih: 30/10/2024**
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinin etik ve bilimsel açıdan uygun olduğuna toplantıya katılan kurul üyelerinin oy birliği ile karar verilmiştir.	

Kurul Başkan Yardımcısı
Doç. Dr. Ahmet Burak ERDEM
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

ANKARA ETLİK ŞEHİR HASTANESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR DEĞERLENDİRME VE ETİK KURULU

Araştırmanın Açık Adı	Kronik İnkomplet Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Robotik Rehabilitasyona Ek Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisinin Yürüme Fonksiyonu ve Alt Ekstremite Fonksiyonel İyileşme Üzerine Etkisi
Çalışmaya Etik Kurul Tarafından Verilen Numara/Kod	AEŞH-BADEK-2024-1028

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Araştırma ile ilişki		İmza
Prof. Dr. Hüseyin Levent KESKİN (Kurul Başkanı)	Kadın Hastalıkları ve Doğum	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Doç. Dr. Ahmet Burak ERDEM (Kurul Başkan Yardımcısı)	Acil Tıp Kliniği	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Prof. Dr. Sibel ÖRSEL	Psikiyatri	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Prof. Dr. Ece ÜNLÜ AKYÜZ	Fizik Tedavi-Rehabilitasyon	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Prof. Dr. Ebru GÖK OĞUZ	Nefroloji	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Doç. Dr. Rasime Pelin KAVAK	Radyoloji	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Prof. Dr. Ayşen Sumru KAVURT	Neonatoloji	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Doç. Dr. Emin GEMCİOĞLU	Dahiliye	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Doç. Dr. Emine ARIK	Anestezi ve Reanimasyon	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Doç. Dr. Canan TOPÇUOĞLU	Tıbbi Biyokimya	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Dr. Öğr. Ü. Burcu KÜÇÜK BİÇER	Halk Sağlığı	Gazi Üni. Tıp Fak. Tıp Eğitimi ve Bilişimi AD	E ☐	H ☒	
Uzm. Dr. Hürriyet Ekmel OLCAY	Farmakoloji	Ankara Bilkent Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Mütehar CANITEZ ORHAN	Biyomedikal	Ankara Etlik Şehir Hastanesi	E ☐	H ☒	
Avukat Çiğdem GÜNERİ AYDIN	Hukukçu	S.B. Halk Sağlığı Genel Mdr.	E ☐	H ☒	
Serdar YILMAZ	Sağlık Mensubu Olmayan	Emekli Bürokrat	E ☐	H ☒	

30/10/2024
*:Toplantıda Bulunma

Kurul Başkan Yardımcısı
Doç. Dr. Ahmet Burak ERDEM
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

EK-4: HASTALARIN BİLGİLENDİRİLDİĞİ VE RIZASININ ALINDIĞINI GÖSTERİR BELGE

BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU (BGOF)

Araştırmanın adı: ‘’Kronik İnkomplet Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Robotik Rehabilitasyona Ek Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisinin Yürüme Fonksiyonu ve Alt Ekstremite Fonksiyonel İyileşme Üzerine Etkisi’’

Sorumlu Araştırmacı: Doç. Dr. Merve Örücü Atar

Yardımcı Araştırmacı: Dr. Zinnur Şeyda Bingöl

Araştırmanın Yürütüleceği Yer: SBÜ Ankara Gaziler Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma Hastanesi

Sayın gönüllü,

Omurilik yaralanması bulunan hastalarda klasik rehabilitasyon tedavi programlarına ek robotik rehabilitasyon ve fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi tedavilerinin etkilerini incelemek ve karşılaştırmak amacıyla yapılan bu bilimsel araştırmaya davet edilmektesiniz. Bu form, yapılacak araştırma hakkında sizi bilgilendirmek amacıyla düzenlenmiş olup, araştırmaya katılıp katılmama konusunda karar vermenizin kolaylaştırılması hedeflenmiştir. Kararınızı vermeden önce, bu araştırmada neler yapılacağını ve nedenlerini anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki açıklamaları dikkatlice okuyunuz.

Bu araştırmada kronik motor inkomplet spinal kord yaralanması (omurilik yaralanmasının üzerinden en az 6 ay geçmiş, tam kayıp olmayan omurilik yaralanması) olan hastalarda robotik rehabilitasyon ve robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi egzersizlerinin hastaların hareket kabiliyetlerine ve fonksiyonel gelişimlerine katkılarını incelemek ve karşılaştırmak amaçlanmaktadır.

Araştırmaya alınan hastalar robotik rehabilitasyon tedavi grubu, robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi tedavi grubu olmak üzere iki gruba ayrılacaklardır. Her iki tedavi grubunda bulunan

hastalara, hastanemiz robotik rehabilitasyon ünitesi bünyesinde yer alan yürüyüş egzersiz robotunda 4 hafta boyunca toplam 20 seans hekim gözetiminde yürüyüş egzersizleri uygulanacaktır. Robotik rehabilitasyona ek fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi grubunda bulunan hastalara, hastanemiz Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu ünitesi bünyesinde yer alan akım kontrollü altı kanallı stimülatör (RT 300-SLSA; Restorative Therapies, Baltimore, MD, ABD) ile 4 hafta boyunca toplam 20 seans hekim gözetiminde fonksiyonel elektrik stimülasyonu bisiklet ergometrisi egzersizi uygulanacaktır. Ayrıca her iki grupta bulunan hastalar hangi grupta olduğundan bağımsız olarak tedavi bitimine dek haftada 5 seans olacak şekilde eklem hareket açıklığı, germe, güçlendirme ve ambulasyona yönelik klasik nörorehabilitasyon programına alınacaklardır.

Araştırma düzeni:

Araştırmaya; 18-65 yaş arası, kronik inkomplet omurilik yaralanması olan, omurilik yaralanmasından sonra en az 6 ay geçmiş olan, bağımsız olarak ya da baston/kanedyen gibi yardımcı yürüme cihazları ile en az 10 metre yürüyebilen hastaların alınması planlanmaktadır. Tüm hastaların demografik özellikleri kayıt altına alınacaktır. Hastalar tedavi öncesi ve tedavi bitiminde (4. haftada) kas gücü açısından Alt Ekstremite Motor Skorlaması (AEMS) ve hareket kabiliyeti açısından Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi (WISCI II) ile değerlendirilecektir. Ayrıca tüm hastalar Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği (OYBÖ), 10 Metre Yürüme Testi, 2 Dakika Yürüme Testi ve Zamanlı Kalk ve Yürü Testi ile değerlendirileceklerdir. Değerlendirmeler Dr. Zinnur Şeyda BİNGÖL tarafından yapılacaktır.

Robot yardımlı egzersizler ve FES bisiklet egzersizleri sırasında ve sonrasında bildirilmiş önemli bir yan etki bulunmamaktadır. Bununla birlikte egzersiz sırasında egzersize toleransın düşmesi sonucu aritmi, hipotansiyon, göğüs ve ekstremite ağrısı, egzersiz sırasında yaralanma gibi yan etkilerin ve risklerin olabileceği bildirilmiştir. Böyle bir durumla karşılaşıldığı takdirde sorumlu hekim tarafından hastanın tedavisi sonlandırılarak, derhal gerekli tıbbi müdahale yapılacaktır. Uygulamalar esnasında herhangi bir ağrı hissedildiği takdirde uygulamalara ara verilecek ve gerekli tıbbi müdahale yapılacaktır. Ayrıca tüm

egzersiz uygulamaları sırasında yaralanmalara karşı hastaların emniyeti için tüm tedbirler alınacaktır. Egzersiz sonrası kısa süreli kas iskelet sistemi kaynaklı ağrılar bildirilmiştir. Bu gibi durumlarda hastanın ağrıları sorgulanacak ve muayenesi yapılarak gerekli tedavi uygulanacaktır

Bu araştırmada gönüllü olmanızdan ötürü herhangi bir sorumluluğunuz bulunmamaktadır.

Bu araştırmada kapsamında size herhangi bir deneysel tedavi yöntemi uygulanmayacaktır.

Bu araştırmada gönüllülerden biyolojik materyal elde edilmeyecektir.

Araştırmaya bağlı gelişebilecek bir mağduriyetiniz söz konusu olduğunda, bu durumun tedavisi sorumlu araştırmacılar tarafından yapılacak ve ortaya çıkacak masraflar tarafımızdan karşılanacaktır. Bu çalışmamız sırasında sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size veya yasal temsilcinize derhal bildirilecektir.

Bu araştırmada yer almanız nedeniyle size hiçbir maddi ücret ödenmeyecektir. Ayrıca bu çalışma kapsamındaki bütün muayene, tetkik ve tıbbi bakım hizmetleri için sizden veya bağlı bulunduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir.

Bu araştırmada yer almanız tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada gönüllü olarak yer almayı reddedebilirsiniz ya da çalışmanın herhangi bir aşamasında ayrılabilirsiniz. Araştırmadan ayrılmanız, herhangi bir cezaya veya menfaatlerinize (tedavi-bakım süreciniz gibi) zarar oluşturmasına neden olmayacaktır. Araştırmadan ayrılmanız durumunda eklem hareket açıklığı, germe, güçlendirme ve ambulasyona yönelik klasik nörorehabilitasyon programını almaya devam edebilirsiniz.

Bu belgeyi imzalamış olmanız halinde, çalışmanın izleyicileri, yoklama yapan kişiler, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde tıbbi bilgilerinize ulaşabilirler. Siz de istediğinizde tıbbi bilgilerinize ulaşabilirsiniz.

Bu araştırmada elde edilen bilgiler kişisel olarak değerlendirilmeyip, toplu halde ele alınarak istatistiksel hesaplamalar yapılacaktır. Size ait kimlik bilgileri ve özel bilgilerin bir kısmı veya tamamı hiçbir yerde yayınlanmayacaktır.

Bu araştırmamız sırasında sizi ilgilendirebilecek herhangi bir gelişme olduğunda, bu durum size veya yasal temsilcinize derhal bildirilecektir.

Araştırmayı reddetme hakkınız her zaman bulunmaktadır. Araştırmaya başladıktan sonra da devam etmeyip, araştırmadan ayrılma hakkına sahipsiniz. Ayrıca sizin kendi rızanıza bakılmaksızın araştırmacı tarafından da araştırma dışında bırakılabilirsiniz. Aklınıza gelebilecek herhangi bir soru ya da sorunu danışmak için 05413817476 / 03122911000 numaralı telefonlardan Dr. Zinnur Şeyda BİNGÖL'ü arayabilirsiniz.

Araştırmada kalmanız gereken süre, 4 haftadır. Araştırmaya katılması planlanan hasta sayısı 38 olarak belirlenmiştir.

Ben:

''Kronik İnkomplet Spinal Kord Yaralanmalı Hastalarda Robotik Rehabilitasyona Ek Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu Bisiklet Ergometrisinin Yürüme Fonksiyonu ve Alt Ekstremite Fonksiyonel İyileşme Üzerine Etkisi'' başlıklı araştırma bana sözlü ve yazılı olarak açıklandı. Araştırma ile ilgili tüm sorularıma tatmin edici cevaplar aldım. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün Adı ve Soyadı:

Tarih:

İmza:

Araştırmacının Adı ve Soyadı:

Tarih:

İmza:

Tanığın Adı ve Soyadı:

İmzası:

Tarih:

EK-5: HASTA DEĞERLENDİRME VE TAKİP FORMU

KRONİK İNKOMPLET SPİNAL KORD YARALANMALI HASTALARDA ROBOTİK REHABİLİTASYONA EK FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU BİSİKLET ERGOMETRİSİNİN YÜRÜME FONKSİYONU VE ALT EKSTREMİTE FONKSİYONEL İYİLEŞME ÜZERİNE ETKİSİ

Tarih:

Ad Soyad:

Yaş:

Cinsiyet:

Boy-kilo:

Meslek-eğitim:

Adres-telefon:

Gönüllü Numarası/Grubu:

Komorbid Hastalıklar:

Kullanılan İlaçlar:

Olay Tarihi (ay):

Etiyoloji (Travmatik-nontravmatik):

ASIA seviyesi (C-D):

Yaralanma seviyesi (servikal-torakal-lumbosakral):

Yardımcı cihaz kullanımı (walker-kanedyen):

SONUÇ PARAMETRELERİ

	Tedavi Başlangıcı	Tedavi Bitimi
Alt Ekstremite Motor Skor (AEMS) Kalça fleksiyonu Diz ekstansyonu Ayak bileği dorsifelksiyonu Ayak bileği plantar fleksiyonu Ayak başparmak ekstansiyonu		
Spinal Kord Yaralanmasında Yürüme İndeksi (WISCI II)		
Omurilik Yaralanması Bağımsızlık Ölçeği (OYBÖ)		
10 Metre Yürüme Testi		
Zamanlı Kalk ve Yürü Testi		
2 Dakika Yürüme Testi		

EK-6: SPİNAL KORD YARALANMASINDA YÜRÜME İNDEKSİ (WISCI II)

Seviye	Açıklama
0	Kişi ayakta duramaz ve/veya desteksiz yürüyemez.
1	Ortezle ve iki kişinin fiziksel desteğiyle 10 metreden az paralel barda ambule olabilir.
2	Ortezle ve iki kişinin fiziksel desteğiyle paralel barda 10 metre ambule olabilir.
3	Ortezle ve bir kişinin fiziksel desteğiyle paralel barda 10 metre ambule olabilir.
4	Ortezsiz ve bir kişinin fiziksel desteğiyle paralel barda 10 metre ambule olabilir.
5	Ortezsiz ve kişi desteksiz paralel barda 10 metre ambule olabilir.
6	Walker yardımıyla, ortezle ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
7	İki koltuk değneği veya kanedyen yardımıyla, ortezle ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
8	Walker yardımıyla, ortezsiz ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
9	Walker yardımıyla, ortezle ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
10	Bir koltuk değneği/kanedyen veya baston yardımıyla, ortezle ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
11	İki koltuk değneği veya kanedyen yardımıyla, ortezsiz ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
12	İki koltuk değneği veya kanedyen yardımıyla, ortezle ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
13	Walker yardımıyla, ortezsiz ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
14	Bir koltuk değneği/kanedyen veya baston yardımıyla, ortezsiz ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
15	Bir koltuk değneği/kanedyen veya baston yardımıyla, ortezle ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
16	İki koltuk değneği veya kanedyen yardımıyla, ortezsiz ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
17	Cihaz yardımıyla, ortezle ve bir kişinin fiziksel desteğiyle 10 metre ambule olabilir.
18	Cihaz yardımıyla, ortezle ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
19	Bir koltuk değneği/kanedyen veya baston yardımıyla, ortezsiz ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.
20	Cihazsız, ortezsiz ve kişi desteksiz 10 metre ambule olabilir.

* Dittuno P, Dittuno Jr J. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. Spinal Cord. 2001 Dec 6; 39(12): 654–6.

EK-7: OMURİLİK YARALANMASI BAĞIMSIZLIK ÖLÇEĞİ III (OYBÖ III)

OMURİLİK YARALANMASI BAĞIMSIZLIK ÖLÇEĞİ-III (OYBÖ-III)

Kendine Bakım

1. Yemek yeme
(kesme, kavanoz açma, dökme, ağzına yemek götürme, içecek dolu bardağı tutma)
0.Parenteral, gastrostomi veya tamamen desteğe dayalı ağızdan beslenme.
1.Yemek ve/veya içmek ya da yardımcı cihazları takmak için kısmi desteğe ihtiyacı vardır.
2.Bağımsız olarak yemek yer; yardımcı cihazlara veya desteğe sadece yemeği kesmek ve/veya koymak ve/veya yiyecek kaplarını açmak için ihtiyaç duyar.
3.Bağımsız olarak yemek yer, sıvı içer, yardımcı cihaz ve/veya desteğe ihtiyaç duymaz.

2. Banyo yapma (sabunlanma, yıkanma, vücudunu ve başını kurulama, suyu ayarlama).
A-üst beden; B-alt beden
A. 0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmi desteğe gereksinimi vardır.
2.Yardımcı cihazlar kullanarak veya özel ortamlarda (tutunacak kolçak veya sandalyegibi) bağımsız olarak yıkanabilir.
3.Yardımcı cihazlara veya (sağlıklı insanların alışık olmadığı) özel ortamlara ihtiyaç duymadan bağımsız olarak yıkanabilir.
B. 0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmi desteğe gereksinimi vardır.
2.Yardımcı cihazlar kullanarak veya özel ortamlarda bağımsız olarak yıkanabilir.
3.Yardımcı cihazlar veya özel ortamlara ihtiyaç duymadan bağımsız olarak yıkanabilir.

3. Giyinme (giysiler, ayakkabılar, kalıcı ortezler: giyinme, takma, soyunma).
A-üst beden; B-alt beden
A. 0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1. Düğmesiz, fermuarsız veya bağcıksız giysilerde kısmi desteğe gereksinim duyar.
2. Düğmesiz, fermuarsız veya bağcıksız giysilerde bağımsızdır; yardımcı cihazlar ve/veya özel ortamlara ihtiyaç duyar.
3. Düğmesiz, fermuarsız veya bağcıksız giysilerde bağımsızdır; yardımcı cihazlar ve/veya özel ortamlara ihtiyaç duymaz veya sadece düğme, fermuar ve bağcıklar için desteğe ihtiyaç duyar.
4. Herhangi bir giysiyi bağımsız olarak giyer, yardımcı cihazlar veya özel ortamlara ihtiyaç duymaz.
B. 0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
5. Düğmesiz, fermuarsız veya bağcıksız giysilerde kısmi desteğe gereksinim duyar.
6. Düğmesiz, fermuarsız veya bağcıksız giysilerde bağımsızdır; yardımcı cihazlar ve/veya özel ortamlara ihtiyaç duyar.
7. Düğmesiz, fermuarsız veya bağcıksız giysilerde bağımsızdır; yardımcı cihazlar ve/veya özel ortamlara ihtiyaç duymaz veya sadece düğme, fermuar ve bağcıklar için desteğe ihtiyaç duyar.
8. Herhangi bir giysiyi bağımsız olarak giyer, yardımcı cihazlar veya özel ortamlara ihtiyaç duymaz.

4. Bakım ve Süslenme (el ve yüz yıkama, diş fırçalama, saç tarama, traş olma, makyaj yapma)
0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmen desteğe gereksinimi vardır.
2.Kendi bakımını yardımcı cihazlar kullanarak bağımsız olarak yapabilir.
3.Yardımcı cihazlar olmadan kendi bakımını bağımsız olarak yapabilir.

ALT TOPLAM (0-20)

Solunum ve Sfinkter Kontrolü

5. Solunum
0.Trakeal tüpe (TT) gereksinim duyar ve kalıcı ya da aralıklı solunum desteğine gereksinimi vardır.
2.TT ile bağımsız olarak nefes alabilir, oksijene gereksinimi vardır, öksürme veya TT'nin idaresi için desteğe ihtiyacı vardır.
4.TT ile bağımsız olarak nefes alabilir, öksürme veya TT'nin idaresi için az miktarda desteğe ihtiyacı vardır.

6.TT olmadan bağımsız olarak nefes alır; oksijene, öksürmek için oldukça fazla desteğe, maskeye (pozitif basınç gibi) veya aralıklı solunum desteğine (aralıklı yardımlı ventilasyon) - (bifazik pozitif havayolu basıncı) gereksinimi vardır.
8.TT olmadan bağımsız olarak nefes alır, öksürmek için uyarana veya desteğe gereksinimi vardır.
10. Herhangi bir cihaz veya destek olmaksızın bağımsız olarak nefes alır.

6. Sfinkter Kontrolü – Mesane

0.Daimi katater.
3.Rezidüel idrar hacmi (RİH) > 100cc; düzenli katater kullanımı yok veya yardım ile aralıklı kataterizasyon.
6.RİH<100cc veya kendi kendine aralıklı kataterizasyon, drenaj cihazı için desteğe ihtiyacı vardır.
9.Kendisi aralıklı katateri uygular, harici drenaj cihazı kullanır ve uygulamak için desteğe ihtiyacı yoktur.
11.Kendisi aralıklı katateri uygular, kataterizasyonlar arasında idrarını kontrol edebilir, harici drenaj cihazı kullanmaz.
13.RİH<100cc, sadece harici idrar drenajına ihtiyaç duyar, drenaj için desteğe gereksinimi yoktur.
15.RİH<100cc, idrarını kontrol edebilir, harici drenaj cihazı kullanmaz.

7. Sfinkter İdaresi – Barsak

0.Düzenli olmayan zamanlama veya çok seyrek barsak hareketi (3 günde birden az).
5.Uygun zamanlama ancak desteğe ihtiyaç duyar (örneğin supozituvar uygulamak için), nadiren kaçırma yaşanır (ayda 2 kereden az).
8.Düzenli barsak hareketleri, desteğe ihtiyaç duymaz, nadiren kaçırma yaşanır (ayda 2 kereden az).
10.Düzenli barsak hareketleri, desteğe ihtiyaç duymaz, kaçırma yaşanmaz.

8. Tuvalet Kullanımı (Perine temizliği, tuvalete girerken ve çıkarken giyinme ve soyunma, adet bezi veya hasta bezi kullanımı).

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmi desteğe gereksinim duyar, kendisini temizleyemez.
2.Kısmi desteğe gereksinim duyar, kendisini bağımsız olarak temizler.
4.Tuvaleti, her şeyi bağımsız olarak yapabilecek şekilde kullanır, ancak yardımcı cihaz ya da özel ortamlara ihtiyacı vardır (tutunmak için barlar gibi).
5.Tuvaleti bağımsız olarak kullanır, yardımcı cihaz ya da özel ortamlara ihtiyaç duymaz.

ALT TOPLAM (0-40)

Hareketlilik (oda ve tuvalet)

9. Yatakta hareketlilik ve yatak yaralarını önleme hareketleri

0.Bütün etkinliklerde desteğe ihtiyaç duyar: yatakta üst bedeni döndürmek, alt bedeni döndürmek, yatakta oturmak, tekerlekli sandalyede şınav çekmek; yardımcı cihaz kullanabilir ancak elektrikli gereçler kullanmaz.
2.Bu etkinliklerden birini desteğe ihtiyaç duymadan gerçekleştirir.
4.Etkinliklerden 2 ya da 3'ünü desteğe ihtiyaç duymadan gerçekleştirir.
6.Yatakta hareketlilik ve yatak yaralarını önleme etkinliklerinin tamamını bağımsız olarak gerçekleştirir.

10. Transferler: Yatak-Tekerlekli Sandalye

(tekerlekli sandalyeyi kilitleme, ayak dayama yerlerini kaldırma, kolçakları çıkartma veya ayarlama, transfer, ayakları kaldırma).

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmi desteğe ve/veya gözetime ve/veya yardımcı cihazlara (kayma tahtası gibi) ihtiyaç duyar.
2.Bağımsızdır (veya tekerlekli sandalyeye gereksinimi yoktur).

11. Transferler: tekerlekli sandalye-tuvalet-banyo

(eğer tuvaletli tekerlekli sandalye kullanıyorsa: tekerlekli sandalyeye ve sandalyeden transferler; eğer normal tekerlekli sandalye kullanıyorsa: tekerlekli sandalyeyi kilitleme, ayak dayama yerlerini kaldırma, kolçakları çıkartma veya ayarlama, transfer, ayakları kaldırma).

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmi desteğe ve/veya gözetime ve/veya yardımcı cihazlara (tutunma barları) ihtiyaç duyar.
2.Bağımsızdır (veya tekerlekli sandalyeye gereksinimi yoktur).

Hareketlilik (iç ve dış mekanda, düz yüzeylerde)

12. İç Mekanda Hareketlilik

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Elektrikli veya manuel tekerlekli sandalye kullanmak için kısmi desteğe ihtiyaç duyar.
2.Manuel tekerlekli sandalyeyle bağımsız olarak hareket eder.
3.Yürürken gözetime gereksinimi vardır (cihazlı veya cihazsız).
4.Yürüteç veya koltuk değneğiyle yürür (salınımlı).
5.Koltuk değneği veya iki bastonla yürür (çift taraflı yürüme).
6.Tek bastonla yürür.
7.Sadece bacak ortezine ihtiyaç duyar.
8.Yürüme destek gereçleri olmadan yürür.

13. Orta Uzunlukta Mesafeler (10-100 metre arası)

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Elektrikli veya manuel tekerlekli sandalye kullanmak için kısmi desteğe ihtiyaç duyar.
2.Manuel tekerlekli sandalyeyle bağımsız olarak hareket eder.
3.Yürürken gözetime gereksinimi vardır (cihazlı veya cihazsız).
4.Yürüteç veya koltuk değneğiyle yürür (salınımlı).
5.Koltuk değneği veya iki bastonla yürür (çift taraflı yürüme).
6.Tek bastonla yürür.
7.Sadece bacak ortezine ihtiyaç duyar.
8.Yürüme destek gereçleri olmadan yürür.

14. Dış Mekanda Hareketlilik (100 metreden uzun mesafe)

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Elektrikli veya manuel tekerlekli sandalye kullanmak için kısmi desteğe ihtiyaç duyar.
2.Manuel tekerlekli sandalyeyle bağımsız olarak hareket eder.
3.Yürürken gözetime gereksinimi vardır (cihazlı veya cihazsız).
4.Yürüteç veya koltuk değneğiyle yürür (salınımlı).
5.Koltuk değneği veya iki bastonla yürür (çift taraflı yürüme).
6.Tek bastonla yürür.
7.Sadece bacak ortezine ihtiyaç duyar.
8.Yürüme destek gereçleri olmadan yürür.

15. Merdiven Kullanımı

0.Merdivenlerden inemez veya çıkamaz.
1.Birinin desteği veya gözetimi ile en az 3 basamak inebilir veya çıkabilir.
2.Trabzanların ve/veya koltuk değneği ya da bastonun yardımıyla en az 3 basamak inebilir veya çıkabilir.
3.Herhangi bir destek ya da gözetim olmaksızın en az 3 basamak inebilir veya çıkabilir.

16. Transferler: Tekerlekli sandalye-araba

(arabaya yaklaşma, tekerlekli sandalyeyi kilitleme, kol ve ayak desteklerini çıkartma, arabaya binme, arabadan inme, tekerlekli sandalyeyi arabaya koyma ve arabadan çıkarma)
0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Kısmi desteğe ve/veya gözetime ve/veya yardımcı cihazlara ihtiyacı vardır.
2.Bağımsız olarak geçişleri yapabilir: yardımcı cihazlara ihtiyaç duymaz (veya tekerlekli sandalyeye gereksinimi yoktur).

17. Transferler: yer-tekerlekli sandalye

0.Tamamen desteğe gereksinimi vardır.
1.Yardımcı cihazlar kullanarak veya kullanmadan bağımsız olarak geçişleri yapabilir (veya tekerlekli sandalyeye gereksinimi yoktur).

ALT TOPLAM (0–40)

Toplam OYBÖ puanı (0–100)	**Giriş**	**Çıkış**

* Kesiktas N, Paker N, Bugdayci D, Sencan S, Karan A, Muslumanoglu L. Turkish adaptation of Spinal Cord Independence Measure — version III. International Journal of Rehabilitation Research. 2012 Mar; 35(1): 88–91.

EK-8: ZAMANLI KALK VE YÜRÜ TESTİ

ZAMANLI KALK VE YÜRÜ TESTİ

Hastanın Adı Soyadı: _____ Tarih: ... / .../ 20...

Uygulama Talimatı: Yaşlılarda düşme riskini ve mobiliteyi değerlendiren bu test için standart bir sandalye ve kronometre gereklidir. Test, hastanın her zaman kullandığı ayakkabı ile yapılır; ihtiyaç duyulması halinde yürüme yardımcı araçları kullanılabilir. Sandalyenin önünde 3 metrelik alan belirlenir.

Hastaya Verilecek Komutlar:

"Başla dediğimde sırasıyla şu işlemleri yapın:

1. Sandalyeden kalkın.
2. İlerideki çizgiye kadar normal temponuzda yürüyün.
3. Çizgiden geri dönün.
4. Sandalyeye doğru normal temponuzda yürüyün.
5. Tekrar sandalyeye oturun."

Değerlendirme Bölümü

Geçen Süre: _____ saniye

Gözlemlenen Durumlar (Var olanları işaretleyin):

- [] Yavaş ve değişken tempo
- [] Kısa adım aralığı
- [] Duvara tutunuyor
- [] Kalıp gibi dönüyor
- [] Denge kaybı
- [] Kol sallama kısa ya da yok
- [] Ayaklarını sürüyor
- [] Yürüme araçlarını düzgün kullanmıyor

EK-9: 2 DAKİKA YÜRÜME TESTİ

2 DAKİKA YÜRÜME TESTİ

Amaç: 2 Dakika Yürüme Testi, bireyin fonksiyonel yürüme kapasitesini ve dayanıklılığını değerlendirmek amacıyla kullanılan bir performans testidir.

Gerekli ekipman: Kronometre, düz ve güvenli bir yürüme alanı (30 metre koridor), mesafe işaretleyicileri ve ölçüm için metre.

1. Uygulama Adımları:

- Hasta rahat kıyafet ve uygun ayakkabılar ile test alanına alınır.
- Test yapılacak koridor düz, engellerden arındırılmış ve mesafe işaretleri belirlenmiş olmalıdır.
- Hastaya şu komut verilir: 'İki dakika boyunca mümkün olan en hızlı fakat güvenli hızda yürüyün.'
- Kronometre başlatılır ve hasta yürümeye başlar.
- Test sırasında hasta gerektiğinde yavaşlayabilir veya kısa süreli durabilir; ancak süre devam eder.
- İki dakika sonunda hasta durdurulur.
- Yürüyüş sırasında kat edilen toplam mesafe metre cinsinden kaydedilir.

Değerlendirme Bilgileri:

Hasta Adı / Kodu	
Tarih	
Yaş / Cinsiyet	
Kullanılan yardımcı cihaz	
Kat edilen mesafe (metre)	
Gözlemler / Notlar	

Yorum: Kat edilen mesafe arttıkça fonksiyonel yürüme kapasitesinin daha iyi olduğu kabul edilir. Test klinik duruma göre yardımcı cihaz ile uygulanabilir.

EK-10: ARAŞTIRMAYA KATILAN HASTALARIN VERİ TABLOSU

	ad	soyad	yas	cnsyt	boy	kilo	egtm	meslek	adres	grup	kmrbdt	ilac	olay_trh	etylj	asıa	yrlnm_svys	yrdmc_chz	bslngc_aems	bts_aems	bslngc_wscı	bts_wscı	bslngc_oybo	bts_oybo
1	n	p	18,00	1,00	158,00	58,00	3,00	1,00	ığdır	2,00	yok	antikolnerjik	16,00	1,00	2,00	3,00	2,00	35,00	39,00	12,00	12,00	77,00	82,00
2	z	ç	58,00	1,00	152,00	64,00	3,00	6,00	ankara	2,00	yok	antikolnerjik	13,00	1,00	1,00	3,00	1,00	20,00	24,00	9,00	12,00	75,00	76,00
3	s	k	34,00	2,00	170,00	72,00	4,00	5,00	sinop	1,00	yok	antispastisite	71,00	1,00	1,00	2,00	2,00	25,00	29,00	12,00	15,00	77,00	78,00
4	v	s	27,00	2,00	177,00	75,00	2,00	3,00	adana	2,00	yok	antiepileptik	12,00	1,00	1,00	2,00	1,00	35,00	36,00	9,00	9,00	77,00	79,00
5	n	k	61,00	1,00	155,00	50,00	1,00	,00	hatay	1,00	yok	yok	19,00	1,00	2,00	3,00	2,00	45,00	46,00	14,00	14,00	86,00	90,00
6	e	b	22,00	2,00	172,00	75,00	3,00	3,00	mardin	2,00	yok	antıspastisite	45,00	2,00	2,00	2,00	2,00	43,00	45,00	16,00	16,00	83,00	86,00
7	m	ç	18,00	2,00	187,00	65,00	3,00	1,00	gazian...	2,00	yok	antikolnerjik	18,00	1,00	2,00	1,00	2,00	45,00	45,00	15,00	15,00	61,00	66,00
8	s	a	29,00	2,00	175,00	74,00	5,00	5,00	hatay	2,00	yok	antıspastisite	14,00	1,00	2,00	1,00	,00	45,00	48,00	19,00	19,00	94,00	94,00
9	m	y	27,00	2,00	175,00	72,00	5,00	2,00	istanbul	2,00	yok	yok	13,00	1,00	1,00	3,00	1,00	18,00	20,00	9,00	9,00	74,00	80,00
10	ş	ö	55,00	2,00	174,00	85,00	1,00	4,00	mardin	2,00	yok	antıspastisite	72,00	1,00	2,00	3,00	1,00	28,00	30,00	8,00	8,00	77,00	77,00
11	n	u	62,00	1,00	150,00	75,00	1,00	,00	ankara	1,00	diyabet	antiepileptik	36,00	1,00	2,00	2,00	1,00	32,00	34,00	9,00	9,00	66,00	72,00
12	m	m	33,00	2,00	175,00	76,00	5,00	5,00	ankara	1,00	yok	antiepileptik	7,00	1,00	2,00	3,00	2,00	31,00	33,00	19,00	20,00	92,00	92,00
13	ş	ç	21,00	1,00	171,00	58,00	3,00	1,00	ankara	2,00	yok	antikolnerjik	31,00	1,00	2,00	3,00	,00	36,00	40,00	17,00	18,00	93,00	94,00
14	b	ş	31,00	2,00	178,00	80,00	3,00	2,00	tokat	2,00	yok	yok	17,00	1,00	1,00	3,00	1,00	36,00	36,00	13,00	9,00	82,00	84,00
15	s	a	28,00	2,00	175,00	70,00	4,00	5,00	isparta	2,00	yok	antikolnerjik	18,00	1,00	2,00	1,00	,00	31,00	34,00	18,00	18,00	96,00	96,00
16	f	y	65,00	1,00	150,00	62,00	1,00	,00	mersin	2,00	hipertan...	antiepileptik	17,00	1,00	2,00	1,00	1,00	42,00	43,00	9,00	13,00	53,00	70,00
17	f	p	63,00	2,00	170,00	78,00	3,00	2,00	erzurum	2,00	yok	antıspastisite	212,00	1,00	2,00	2,00	1,00	30,00	32,00	9,00	9,00	68,00	68,00
18	d	u	44,00	1,00	165,00	80,00	2,00	3,00	ankara	2,00	yok	antikolnerjik	39,00	2,00	2,00	2,00	1,00	37,00	40,00	9,00	9,00	72,00	77,00
19	z	k	45,00	1,00	160,00	84,00	1,00	,00	ankara	1,00	yok	antikolnerjik	17,00	1,00	1,00	3,00	1,00	13,00	13,00	6,00	6,00	68,00	71,00
20	k	k	35,00	2,00	174,00	84,00	1,00	3,00	muş	2,00	yok	antikolnerjik	9,00	1,00	1,00	2,00	1,00	26,00	27,00	9,00	12,00	56,00	67,00
21	e	s	33,00	2,00	172,00	82,00	3,00	3,00	çankırı	1,00	yok	antiepileptik	33,00	1,00	2,00	1,00	2,00	28,00	28,00	10,00	10,00	66,00	66,00
22	b	e	35,00	2,00	179,00	76,00	5,00	2,00	adana	2,00	yok	antıspastisite	46,00	1,00	2,00	2,00	2,00	45,00	45,00	16,00	16,00	79,00	79,00
23	b	b	52,00	2,00	190,00	79,00	1,00	3,00	düzce	1,00	yok	antıspastisite	8,00	1,00	2,00	1,00	1,00	35,00	40,00	9,00	13,00	53,00	66,00
24	t	c	51,00	2,00	180,00	78,00	5,00	2,00	ankara	1,00	yok	antikolnerjik	89,00	2,00	2,00	2,00	2,00	44,00	49,00	15,00	15,00	75,00	75,00
25	f	k	18,00	2,00	185,00	85,00	3,00	1,00	ankara	1,00	yok	antikolnerjik	23,00	1,00	1,00	3,00	1,00	20,00	20,00	9,00	12,00	84,00	84,00

	bslngc_10mtyt	bts_10mtyt	bslngc_zkyt	bts_zkyt	bslngc_2dkyt	bts_2dkyt	oybo_mobilite_baslangıc	oybo_mobilite_bıtıs
1	31,52	16,25	25,42	17,43	60,00	95,00	18,00	21,00
2	18,44	16,41	20,21	16,21	80,00	87,00	24,00	25,00
3	16,00	13,00	15,66	14,26	90,00	102,00	28,00	29,00
4	55,31	40,56	47,48	42,52	30,00	38,00	25,00	27,00
5	16,21	15,49	17,23	16,12	84,00	88,00	26,00	30,00
6	16,23	15,32	18,94	16,16	81,00	90,00	28,00	30,00
7	13,66	10,54	15,14	12,09	102,00	114,00	24,00	26,00
8	10,07	7,60	10,44	8,65	138,00	145,00	40,00	40,00
9	56,18	53,37	50,87	42,35	24,00	26,00	37,00	39,00
10	41,09	32,22	48,09	34,96	41,00	47,00	24,00	24,00
11	84,79	67,87	77,71	54,43	16,00	20,00	20,00	22,00
12	10,98	7,47	10,94	9,94	135,00	139,00	35,00	35,00
13	10,49	9,94	11,26	8,51	137,00	153,00	35,00	36,00
14	45,59	29,84	55,68	31,13	27,00	42,00	23,00	25,00
15	12,28	8,20	10,95	9,36	124,00	150,00	37,00	37,00
16	33,36	33,06	37,99	32,64	42,00	45,00	15,00	21,00
17	82,09	80,86	75,12	65,23	18,00	19,00	17,00	17,00
18	25,89	25,08	35,94	33,09	45,00	48,00	25,00	25,00
19	107,10	79,02	105,17	100,54	9,00	9,00	16,00	16,00
20	29,11	16,48	30,55	30,49	39,00	78,00	20,00	23,00
21	46,04	43,30	50,71	49,70	18,00	21,00	23,00	23,00
22	18,21	16,04	29,02	27,05	76,00	82,00	25,00	25,00
23	77,65	40,08	92,50	52,03	27,00	39,00	12,00	20,00
24	12,33	12,07	12,83	12,40	108,00	113,00	27,00	27,00
25	18,93	19,29	22,65	25,95	61,50	66,00	27,00	27,00

	ad	soyad	yas	cnsyt	boy	kilo	egtm	meslek	adres	grup	kmrbdt	ilac	olay_trh	etylj	asıa	yrlnm_svys	yrdmc_chz	bslngc_aems	bts_aems	bslngc_wscı	bts_wscı	bslngc_oybo	bts_oybo
26	m	t	27,00	2,00	176,00	64,00	2,00	2,00	osman...	1,00	yok	antıspa...	36,00	1,00	2,00	1,00	,00	45,00	47,00	18,00	18,00	89,00	89,00
27	k	b	34,00	1,00	150,00	56,00	2,00	,00	ankara	1,00	yok	yok	16,00	1,00	2,00	2,00	2,00	30,00	32,00	16,00	16,00	86,00	86,00
28	m	t	23,00	2,00	182,00	80,00	3,00	3,00	malatya	1,00	yok	yok	22,00	1,00	2,00	2,00	1,00	16,00	16,00	6,00	6,00	73,00	73,00
29	r	g	37,00	2,00	170,00	85,00	1,00	3,00	ankara	1,00	yok	yok	30,00	1,00	1,00	3,00	2,00	27,00	27,00	15,00	18,00	87,00	89,00
30	i	y	55,00	2,00	177,00	83,00	4,00	3,00	ankara	1,00	yok	antikolı...	8,00	1,00	1,00	3,00	2,00	24,00	27,00	12,00	12,00	87,00	88,00
31	a	k	40,00	1,00	160,00	84,00	1,00	,00	tokat	1,00	yok	antıspa...	12,00	2,00	1,00	2,00	1,00	37,00	39,00	13,00	12,00	84,00	87,00
32	m	k	25,00	2,00	171,00	75,00	3,00	5,00	bolu	2,00	yok	yok	17,00	1,00	2,00	2,00	,00	43,00	44,00	18,00	18,00	98,00	98,00
33	p	b	44,00	1,00	150,00	70,00	5,00	2,00	diyarb...	1,00	yok	antikolı...	6,00	1,00	2,00	2,00	1,00	21,00	42,00	9,00	9,00	75,00	76,00
34	e	a	22,00	1,00	170,00	62,00	3,00	1,00	hatay	2,00	yok	antıspa...	95,00	1,00	2,00	3,00	2,00	29,00	31,00	15,00	15,00	72,00	77,00
35	z	y	25,00	1,00	168,00	52,00	5,00	2,00	adana	1,00	yok	yok	13,00	1,00	1,00	2,00	1,00	12,00	13,00	6,00	6,00	68,00	70,00
36	d	ç	38,00	1,00	170,00	47,00	5,00	2,00	kırıkkale	1,00	yok	antiepil...	24,00	1,00	2,00	2,00	2,00	30,00	31,00	12,00	12,00	86,00	90,00
37	k	z	59,00	1,00	172,00	90,00	1,00	,00	bitlis	1,00	hipertansiyon	antiepil...	24,00	2,00	2,00	3,00	1,00	34,00	.	6,00	.	69,00	.
38	i	b	27,00	2,00	165,00	70,00	4,00	5,00	bursa	2,00	diyabet	yok	60,00	1,00	2,00	3,00	,00	40,00	.	20,00	.	92,00	.

	bslngc_10mtyt	bts_10mtyt	bslngc_zkyt	bts_zkyt	bslngc_2dkyt	bts_2dkyt	oybo_mobilite_baslangıc	oybo_mobilite_bıtıs
26	11,48	8,48	11,36	9,04	141,00	162,00	37,00	37,00
27	13,69	12,49	12,96	11,27	90,00	94,00	29,00	29,00
28	43,47	43,25	43,32	43,06	27,00	27,00	22,00	22,00
29	13,90	13,02	11,99	11,08	96,00	93,00	34,00	36,00
30	14,08	8,43	15,95	10,18	108,00	129,00	30,00	31,00
31	51,31	39,22	60,56	41,53	29,00	35,00	27,00	30,00
32	9,95	8,94	11,79	8,15	130,00	150,00	38,00	38,00
33	38,18	26,28	37,60	27,42	29,00	40,00	22,00	23,00
34	12,88	10,82	18,49	14,71	110,00	123,00	19,00	24,00
35	92,00	92,00	94,00	92,00	17,00	17,00	15,00	17,00
36	11,31	9,82	15,10	10,70	120,00	138,00	31,00	34,00
37	99,18	.	109,42	.	15,00	.	18,00	.
38	11,88	.	13,95	.	105,00	.	40,00	.