



**T.C.**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ**  
**ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ**  
**FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON KLİNİĞİ**

**İNKOMPLET KRONİK SPİNAL KORD HASARINDA REPETİTİF**  
**TRANSKRANİYAL MANYETİK STİMÜLASYON VE**  
**TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYON İLE**  
**KOMBİNE EDİLEN ROBOTİK REHABİLİTASYON**  
**UYGULAMALARININ MOTOR İYİLEŞME VE YÜRÜYÜŞ**  
**PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Dr. Ahmet Tarık CANBULAT**

**TIPTA UZMANLIK TEZİ**

ANKARA/2024





T.C  
SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ  
ANKARA BİLKENT ŞEHİR HASTANESİ  
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON KLİNİĞİ

İNKOMPLET KRONİK SPİNAL KORD HASARINDA REPETİTİF  
TRANSKRANİYAL MANYETİK STİMÜLASYON VE  
TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYON İLE  
KOMBİNE EDİLEN ROBOTİK REHABİLİTASYON  
UYGULAMALARININ MOTOR İYİLEŞME VE YÜRÜYÜŞ  
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Ahmet Tarık CANBULAT

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Emre ADIGÜZEL

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANKARA/2024

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve deneyimlerini koşulsuz aktaran ve tez süreci boyunca her türlü yardım ve desteği sağlayan, asistanlık eğitimim boyunca akademik yönünü örnek aldığım, bilgi ve tecrübeleriyle beni aydınlatan değerli tez danışmanım, Hastanemiz Başhekimisi ve kıymetli Hocam Prof. Dr. Emre ADIGÜZEL'e

İyi bir hekim ve iyi bir insan olma yolunda hekimliğini ve duruşunu her zaman örnek aldığım, çok değerli tecrübeleri ve destekleriyle sosyal ve mesleki hayatımın şekillenmesinde büyük emeği olan Eğitim ve İdari sorumlumuz saygıdeğer Hocam Prof. Dr. Neşe ÖZGİRGİN'e

Eğitimim süresince ve tez süreci boyunca hastanemizin her türlü imkânını sağlayan değerli Hocam Prof. Dr. Evren YAŞAR'a

Tezimin hasta alımı ve değerlendirme aşamalarında olan değerli katkılarından dolayı sayın Hocalarım Prof. Dr. Müfit AKYÜZ, Prof. Dr. Elif YALÇIN ve Doç. Dr. Zuhâl ÖZİŞLER'e,

Tezimin her aşamasında çok büyük katkıları olan ve içten bir şekilde yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen sayın Doç. Dr. Berke ARAS ve Uzm. Dr. Ömer KUZU'ya

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum başta Ali ORHAN, Yusuf Ziya BÜKÜN, Muhammed KILIÇ, Bihter Semiha ALTUNAY, Hande YAKAR, Merve ÇAKIR, Ayşenur MERT KURT ve Zeynep İNCE KESKİN olmak üzere güzel anılarımın olduğu değerli tüm Asistan Doktor arkadaşlarıma ve Uzman Doktorlarımıza,

Tez sürecinde yardımlarını esirgemeyen Fzt. Murat AKINCI ve EMG teknikeri Fatih KARACAN ile tüm klinik Hemşirelerimiz ve Fizyoterapistlerimize,

Son olarak her zaman yanımda olan, bugünlere gelmemde büyük emekleri bulunan ve haklarını asla ödeyemeyeceğim annem Saliha CANBULAT, babam Hüseyin CANBULAT ve kardeşlerime

Sonsuz teşekkürlerimle...

Dr. Ahmet Tarık CANBULAT

## ÖZET

**Amaç:** İnkomplet kronik spinal kord yaralanmalı (SKY) hastalarda, yüksek frekanslı repetitif transkraniyal manyetik stimülasyon (rTMS) ve anodal transkraniyal doğru akım stimülasyon(tDCS) ile kombine edilen robotik rehabilitasyon uygulamalarının motor iyileşme ve yürüyüş parametreleri üzerine etkilerini araştırmaktır.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmaya dâhil edilen 40 inkomplet kronik SKY hastası randomizasyon şemasına göre, aktif rTMS grubu (n=10), taklit rTMS grubu (n=10), aktif tDCS grubu (n=10) ve taklit tDCS grubu (n=10) olmak üzere dört gruba ayrıldı. rTMS grubuna alt ekstremite motor alanı hedeflenerek 10 seans 20 Hz'lik yüksek frekanslı aktif veya taklit rTMS tedavisi; aktif tDCS grubuna alt ekstremite motor alanı hedeflenerek 10 seans aktif veya taklit anodal tDCS uygulandı. Her dört gruba da non invaziv beyin stimülasyon tedavisi ile beraber alt ekstremite robotik rehabilitasyon tedavisi uygulandı. Hastalar tedavi başlamadan hemen önce, tedavinin bitiminde (2.hafta) ve tedavi bitiminden 2 hafta sonra değerlendirildi. Değerlendirmede ASIA bozukluk skalasına (ABS) göre alt ekstremite motor skorları, Walking Index for SCI – II (WISCI-II) skalası, 10 metre yürüyüş testi, Visuel Analog Skala (VAS) ve Modifiye Ashworth Skalası (MAS) kullanıldı.

**Bulgular:** Çalışmamızda elde edilen verilere bakıldığında; robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif rTMS ve aktif tDCS ile robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit rTMS ve taklit tDCS tedavileri sonrası alt ekstremite total motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir( $p<0.05$ ). Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarında bu etki 4 hafta sonrasında da gösterilmiştir ( $p>0.017$ ). Robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif rTMS tedavisinin robotik rehabilitasyon ile kombine edilen hem taklit rTMS hem de aktif tDCS'a göre WISCI – II skorları açısından daha üstün olduğu görülmüştür( $p<0.05$ ). 10 metre yürüyüş testi açısından tüm gruplarda istatistiksel olarak anlamlı artış görülse de aktif rTMS grubunda bu artış tedaviden 2 hafta sonra da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p>0.017$ ). Spastisite değerlendirmesinde tedavi gruplarının hiçbirinde anlamlı değişim saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Tüm gruplarda ağrıda azalma görülürken aktif tDCS ve

taklit tDCS gruplarında bu etki tedaviden 4 hafta sonra da gösterilmiştir ( $p>0.017$ ).

**Sonuç:** Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde inkomplet kronik SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan rTMS'nin alt ekstemite motor skor, fonksiyonellik ve yürüyüş parametreleri açısından sadece robotik rehabilitasyon uygulamasına göre üstünlük sağlayabileceği gösterilmiştir. İnkomplet kronik SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan tDCS'in motor iyileşme açısından sadece robotik rehabilitasyon uygulamasına göre üstünlük sağlayabileceği gösterilmiştir. Çalışmamız kronik inkomplet SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan rTMS ve tDCS tedavisinin etkinliğinin karşılaştırıldığı literatürdeki bilinen ilk çalışmadır. rTMS ve tDCS ile birlikte uygulanan robotik rehabilitasyonun motor iyileşme ve yürüme üzerine etkisini ortaya koymak için daha geniş örneklem grupları ve daha uzun takip süreleri olan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Motor iyileşme, Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon, Robotik Rehabilitasyon, Spinal Kord Yaralanması, Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu, Yürüme

## ABSTRACT

**Aim:** To investigate the effects of robotic rehabilitation combined with high-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) and anodal transcranial direct current stimulation (tDCS) on motor recovery and gait parameters in patients with incomplete chronic spinal cord injury (SCI).

**Material and Methods:** According to the randomization scheme, 40 incomplete chronic SCI patients included in the study were divided into four groups: active rTMS group (n = 10), sham rTMS group (n = 10), active tDCS group (n = 10) and sham tDCS group (n = 10). The rTMS group received 10 sessions of 20 Hz high-frequency active or sham rTMS treatment, targeting the lower extremity motor area; 10 sessions of active or sham anodal tDCS were applied to the active tDCS group, targeting the lower extremity motor area. Lower extremity robotic rehabilitation treatment was applied to all four groups along with non-invasive brain stimulation therapy. Patients were evaluated just before the start of treatment, at the end of treatment (2nd week) and 2 weeks after the end of treatment. Lower extremity motor scores according to ASIA impairment scale (AIS), Walking Index for SCI – II (WISCI-II) scale, 10-meter walk test, Visual Analogue Scale (VAS) and Modified Ashworth Scale (MAS) were used in the evaluation.

**Results:** A statistically significant increase was observed in lower extremity total motor scores after active rTMS and active tDCS combined with robotic rehabilitation and sham rTMS and sham tDCS treatments combined with robotic rehabilitation ( $p < 0.05$ ). This effect was also shown after 4 weeks in the active rTMS and active tDCS groups ( $p > 0.017$ ). It was observed that active rTMS treatment combined with robotic rehabilitation was superior to both sham rTMS and active tDCS combined with robotic rehabilitation in terms of WISCI - II scores ( $p < 0.05$ ). Although there was a statistically significant increase in the 10-meter walk test in all groups, this increase was also found to be statistically significant 2 weeks after treatment in the

active rTMS group ( $p>0.017$ ). No significant change was detected in spasticity evaluation in any of the treatment groups ( $p>0.05$ ). While a decrease in pain was observed in all groups, this effect was also shown 4 weeks after treatment in the active tDCS and sham tDCS groups ( $p>0.017$ ).

**Conclusion:** When the results of our study are evaluated, the lower extremity motor score of rTMS coupled with robotic therapy in patients with incomplete chronic SCI can reach sufficiency for functionality and gait compared to the situation where it can only be used robotic therapy. tDCS applied coupled with robotic therapy in patients with incomplete chronic SCI may be primarily provided for motor improvement over robotic therapy alone. Our study is the first known study in the literature comparing the effectiveness of the combination of rTMS and tDCS applied with robotic therapy in patients with chronic incomplete SCI. Further studies with large sample size and long follow-up are warranted to investigate the effectiveness of rTMS and tDAS treatments coupled with robotic therapy on motor recovery and gait in patients with incomplete chronic SCI

**Keywords:** Gait, Motor recovery, Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation, Robotic Rehabilitation, Spinal Cord Injury, Transcranial Direct Current Stimulation,



# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iv
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	ix
ŞEKİL LİSTESİ .....	x
TABLO LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. SPİNAL KORD YARALANMASI .....	3
2.1.1. Tanım – Genel bilgiler .....	3
2.1.2. Tarihçe .....	3
2.1.3. Epidemiyoloji .....	3
2.1.4. Etiyoloji.....	4
2.1.5. Anatomi.....	5
2.1.6. Yaralanmanın Patofizyolojisi .....	6
2.1.7. Klinik .....	7
2.1.8. Klinik Sendromlar .....	7
2.1.9. Spinal Kord Yaralanmasında Nörolojik Değerlendirme.....	8
2.1.9.1. Spinal kord yaralanmasında ASIA bozukluk skalası (ABS) ve muayene .....	8
2.1.9.2. Spinal kord yaralanmasında sınıflandırma:.....	12
2.1.10. Spinal Kord Yaralanmalarında Prognoz .....	13
2.1.11. SKY sonrası yürüme ve motor iyileşme .....	14
2.1.12. Spinal Kord Yaralanmasının Komplikasyonları .....	16
2.1.12.1. Solunum sistemi komplikasyonları.....	16
2.1.12.2. Kardiyovasküler komplikasyonlar .....	16
2.1.12.3. Üriner komplikasyonlar .....	17
2.1.12.4. Gastrointestinal komplikasyonlar .....	17
2.1.12.5. Bası yarası .....	18

2.1.12.6. Kalsiyum metabolizması bozuklukları ve osteoporoz .....	18
2.1.12.7. Üreme sistemi ilişkili komplikasyonlar .....	18
2.1.12.8. Depresyon.....	19
2.1.12.9. Spastisite.....	19
2.1.12.10. Ağrı .....	19
2.1.13. Spinal Kord Yaralanması Sonrası Rehabilitasyon.....	20
2.1.13.1. Elektrik stimülasyonu (ES) .....	22
2.1.13.2. İş uğraşı terapisi.....	22
2.2. ROBOTİK REHABİLİTASYON .....	22
2.2.1. Robotik Sistemler .....	23
2.2.2. Günlük Yaşam Aktivitelerinde Yardımcı Robotlar .....	23
2.2.3. Hareket Desteği Robotları.....	24
2.2.4. Bilişsel Robotlar .....	24
2.2.5. Terapötik Egzersiz Robotları.....	24
2.2.6. End-Effektör Robotlar .....	24
2.2.7. Egzoiskelet Robotlar.....	24
2.2.8. Sabit Üst Ekstremitte Egzoiskeletleri .....	25
2.2.9. Sabit Alt Ekstremitte Egzoiskeletleri.....	25
2.2.10. Yürüme Robotu (Lokomat®).....	25
2.3. TRANSKRANİYAL MANYETİK STİMÜLASYON (TMS).....	26
2.3.1. Transkraniyal Manyetik Stimülasyonun Temel İlkeleri .....	26
2.3.2. TMS Cihazı ve Koil Tipleri .....	27
2.3.3. Motor Uyandırılmış Potansiyel (MUP) .....	28
2.3.4. TMS'nin Nöromodülasyon Etkisi .....	29
2.3.5. Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon( rTMS).....	30
2.3.6. Teta Burst Stimülasyon.....	31
2.3.7. TMS Klinik Kullanım Alanları .....	32
2.3.8. TMS Uygulamalarında Güvenlik .....	32
2.4. TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYON (tDCS).....	33
2.4.1. Anodal ve Katodal tDCS.....	33
2.4.2. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyon Etki Mekanizması .....	34
2.4.3. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyon Klinik Uygulamaları.....	34

2.4.4. tDCS’de Güvenlik ve Yan Etki.....	35
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	36
3.1. ARAŞTIRMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ .....	36
3.2. ARAŞTIRMADAN DIŞLAMA KRİTERLERİ .....	36
3.3. TEDAVİ ÖNCESİ DEĞERLENDİRME .....	37
3.4. TEDAVİ PROTOKOLÜ .....	38
3.5. DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ .....	43
3.5.1. Walking Index for SCI – II (WISCI-II) Skalası .....	43
3.5.2. 10 Metre Yürüyüş Testi .....	44
3.5.3. Modifiye Ashworth Skalası .....	44
3.5.4. Vizüel Analog Skala (VAS) .....	44
3.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ .....	45
3.6.1 Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi .....	45
3.6.2. Verilerin Analizi .....	45
4. BULGULAR .....	46
5. TARTIŞMA.....	62
6. SONUÇ .....	74
7. KAYNAKLAR.....	76
8. ÖZGEÇMİŞ.....	86
EK 1. ETİK KURUL KARAR FORMU .....	88
EK 2. GÖNÜLLÜLERİN BİLGİLENDİRİLDİĞİ VE RIZASININ ALINDIĞINI GÖSTERİR BELGE .....	92
EK 3. HASTA TAKİP VE DEĞERLENDİRME FORMU .....	95
EK 4. ASIA BOZUKLUK (ABS) SKALASI.....	99
EK 5. WISCI – II SKALASI .....	100
EK 6. 10 METRE YÜRÜYÜŞ TESTİ.....	102
EK 7. MODİFİYE ASHWORTH SKALASI .....	103
EK 8. VİZUEL ANALOG SKALA .....	104

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>ABS</b>	: ASIA Bozukluk Skalası
<b>ASIA</b>	: American Spinal Injury Association
<b>cTBS</b>	: Sürekli Teta Burst Stimülasyon
<b>FES</b>	: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu
<b>GABA</b>	: Gama aminobütirik asit
<b>ISNCSCI</b>	: International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury
<b>iTBS</b>	: Aralıklı Teta Burst Stimülasyon
<b>LTD</b>	: Uzun Dönem Depresyon
<b>LTP</b>	: Uzun Dönem Potansiyelizasyon
<b>MAS</b>	: Modifiye Ashworth Testi
<b>MUP</b>	: Motor Uyandırılmış Potansiyel
<b>NBD</b>	: Nörojenik Barsak Disfonksiyonu
<b>NIBS</b>	: Non-invaziv Beyin Stimülasyonu
<b>NMDA</b>	: <i>N</i> -methyl-D-aspartate
<b>rTMS</b>	: Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon
<b>SKY</b>	: Spinal Kord Yaralanması
<b>TBS</b>	: Teta Burst Stimülasyon
<b>Tdas</b>	: Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu
<b>tDCS</b>	: Transcranial Direct Current Stimulation
<b>TMS</b>	: Transkraniyal Manyetik Stimülasyon
<b>WISCI - II</b>	: Spinal Kord Yaralanması Yürüme İndeksi II

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 2.1.</b> Spinal korddan çıkan spinal sinirler ile aynı düzeye denk gelen vertebralar arasındaki ilişkiyi gösteren sagittal bir kesit .....	5
<b>Şekil 2.2.</b> TMS'nin Etki Mekanizması .....	27
<b>Şekil 2.3.</b> Koil Çeşitleri .....	28
<b>Şekil 2.4.</b> MUP Ölçümü .....	29
<b>Şekil 2.5.</b> rTMS uygulama çeşitleri.....	31
<b>Şekil 2.6.</b> Teta Burst stimülasyon uygulama çeşitleri .....	32
<b>Şekil 2.7.</b> Elektrotların yerleşimi ve elektrik akımının yönü.....	34
<b>Şekil 3.1.</b> Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi NIBS Laboratuvarında bulunan TMS cihazı .....	39
<b>Şekil 3.2.</b> Uluslararası 10/20 Elektroensefalogram Sistemi .....	40
<b>Şekil 3.3.</b> Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi NIBS Laboratuvarında bulunan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyon cihazı .....	41
<b>Şekil 3.4.</b> tDCS uygulamasında elektrotların yerleşimi .....	42
<b>Şekil 3.5.</b> Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi Robotik Rehabilitasyon Laboratuvarında bulunan Lokomat cihazı.....	43
<b>Şekil 4.1.</b> Araştırma akış şeması .....	46

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b>	Hafif dokunma duyusu muayenesi (30).....	9
<b>Tablo 2.2.</b>	İğne batma duyusu muayenesi (30).....	9
<b>Tablo 2.3.</b>	Kas gücü değerlendirmesi (33) .....	10
<b>Tablo 2.4.</b>	Anahtar kaslar (29).....	10
<b>Tablo 2.5.</b>	Anahtar olmayan kaslar (33).....	11
<b>Tablo 2.6.</b>	ABS sınıflandırması (33) .....	13
<b>Tablo 3.1.</b>	ASIA Bozukluk (ABS) Skalası.....	38
<b>Tablo 3.2.</b>	Modifiye Ashworth skalası (130).....	44
<b>Tablo 4.1.</b>	Gruplara göre olguların demografik özellikleri (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	47
<b>Tablo 4.2.</b>	Gruplara göre SKY etiyojisi, hastalık süresi, ABS'a göre durum (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	48
<b>Tablo 4.3.</b>	Gruplara göre hastaların kullandıkları ilaçlar .....	49
<b>Tablo 4.4.</b>	Tedavi gruplarına göre başlangıç alt ekstremite motor skorları, WISCI – skorları, 10 metre yürüyüş testi ve VAS değerleri (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	50
<b>Tablo 4.5.</b>	Tedavi gruplarına göre başlangıç MAS'a göre alt ekstremite spastisite düzeyleri (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])..	51
<b>Tablo 4.6.</b>	Tedavi gruplarına göre başlangıçtaki fonksiyonel durum.....	51
<b>Tablo 4.7.</b>	ABS'a göre alt ekstremite total motor skorlarının grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	52
<b>Tablo 4.8.</b>	MAS'a göre bilateral alt ekstremite kaslarının spastisite düzeylerinin grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	53
<b>Tablo 4.9.</b>	WISCI – II skoru, 10 m yürüyüş testi değerleri ve VAS'a göre ağrı düzeylerinin grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	56
<b>Tablo 4.10.</b>	Alt ekstremite total motor skorlarındaki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....	57

- Tablo 4.11.** MAS'a göre bilateral alt ekstremitedeki kaslardaki spastisite düzeylerindeki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]).....58
- Tablo 4.12.** WISCI – II skoru, 10 m yürüyüş testi değerleri ve VAS'a göre ağrı düzeylerindeki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])..... 60
- Tablo 4.13.** Gruplara göre NIBS uygulamaları sonrası yan etki durumu .....61



# 1. GİRİŞ VE AMAÇ

Spinal kord yaralanması (SKY), hasta bireylerde fiziksel ve psikososyal sağlık problemlerine, nörolojik fonksiyon bozukluğuna, engellilik ve ölüme neden olabilen bir durumdur(1). Omurilik hasarlı hastalar ilerleyen süreçte kardiyovasküler, renal, pulmoner ve diğer komplikasyonların ortaya çıkması açısından risk taşımaktadır.

SKY'li hastaların en önemli beklentileri; motor fonksiyonlarda düzelme ile ambulasyonda fonksiyonel kazanımların sağlanmasıdır. İnkomplet SKY sonrası motor fonksiyonda iyileşme görülen hastalarda yapılan çalışmalar, motor korteksin inhibisyonunda bir azalma meydana geldiğini ve bu durumun hasarlanmamış nöronların kortikospinal bağlantılarında iyileşmeyi arttırabileceğini göstermiştir (2).

Yürüme fonksiyonlarının geri kazanılmasını hedefleyen araştırmalar egzersiz programı, fonksiyonel elektriksel stimülasyon gibi tedavi yöntemlerini içerse de, bu yöntemler ambulasyon fonksiyonlarının geri kazanılmasında tek başlarına yeterli olamayabilir. Bu aşamada, sensörimotor kortekse afferent input girişini ve primer motor korteks ile kortikospinal yolların yönetsel işlevlerini arttıracak alternatif bir rehabilitasyon protokolünün konvansiyonel tedavi yöntemleri ile kombine edilmesi günümüzde ön plana çıkmaktadır (3).

Repetitif transkraniyal manyetik stimülasyon (rTMS), uygulandığı motor bölgenin kortikal uyarılabilirliğinde nöromodülasyon sağlayan invaziv olmayan bir beyin stimülasyonu türüdür. Yüksek frekansta uygulanan rTMS ile motor korteksin uyarılabilirliği artmaktadır. Düşük frekans uygulamalarında ise motor korteksin uyarılabilirliğinde azalma meydana gelmektedir (3).

Diğer bir non-invazif beyin stimülasyonu yöntemi olan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonu (tDCS), kortikal uyarılabilirliği arttırabilecek şekilde zayıf ve doğru elektrik akımının kullanıldığı bir yöntemdir. tDCS'in motor işlevselliği arttırdığı, kortikospinal yolların uyarılabilirliğini arttırdığı gösterilmiştir (4).

SKY rehabilitasyonundaki bir başka tedavi dünyada artan sıklıkta kullanılan robotik rehabilitasyon yöntemleridir. Robotik rehabilitasyon uygulamaları yüksek yoğunlukta, tekrarlı tedavilerin uygulanabildiği yöntemler arasındadır. Egzersizlerin sık ve tekrarlı yapılmasının motor iyileşmeyi arttırdığı bilinmektedir (5).



Planladığımız çalışmada, travmatik nedenlere bağlı ve kronik dönem (6 aydan uzun süredir) inkomplet SKY olan hasta grubu seçilerek Robotik Yürüme Egzersizleri ile kombine edilen rTMS ve tDCS'in yürüyüş parametreleri ve motor iyileşme üzerine olan etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. SPİNAL KORD YARALANMASI

#### 2.1.1. Tanım – Genel bilgiler

SKY, travmatik ve travmatik olmayan sebeplerle ortaya çıkan, omurilikte veya omurilikten ayrılan sinir köklerinde hasar sonrası motor, duyu ve otonomik innervasyon kaybına neden olan ağır sonuçlara yol açabilen bir nörolojik sendromdur (6).

#### 2.1.2. Tarihçe

Milattan önce 2500'de İmhotep tarafından yazıldığı düşünülen papirüsler SKY ile ilgili ilk yazılı kaynaklar olup SKY'nin 'tedavi edilmemesi gereken bir rahatsızlık' olduğu belirtilmiştir. Amerikan beyin cerrahı Harvey Cushing, 1.Dünya Savaşında SKY'li askerlerin çoğunun bir hafta içinde öldüğünü iletmiştir (7).

'Paraplejinin babası' olarak tanınan beyin cerrahı Donald Munro 1936'da Bostonda Spinal kord merkezini kurmuştur. Donald SKY'de renal komplikasyonlar ve basınç yarası gibi ikincil komplikasyonları önlemek için diğer tıp disiplinleriyle beraber hareket etmek gerektiğini ifade etmiştir. Munro basınç yarası gelişimini önlemek için pozisyonlamayı ve üriner sistem enfeksiyonlarını engellemek için aralıklı üriner kateter kullanımını önermiştir (7).

Beyin cerrahı Ludwig Gutmann 1944'te İngiltere'deki Spinal Yaralanma Merkezi'nde mesane, barsak bakımı ile fiziksel eğitimi birleştiren daha kapsamlı bir yaklaşımı ortaya koymuştur. Guttmann SKY'nin tedavisine yönelik ilk derneği kurmuştur. Bu yaklaşım bugün rehabilitasyon hekimlerinin SKY ile ilgili eğitim süreçlerinin temelini oluşturdu (8). Günümüzde tıp ve teknoloji alanındaki ilerlemeler sonucunda SKY'li hastaların yaşam kaliteleri artmış olup sosyal katılımları artmıştır.

#### 2.1.3. Epidemiyoloji

Dünya'da SKY'nin insidansı yılda 8-246/ milyon, prevalansı 236-1298/1 milyon'dur (9). Gelişmiş ülkeler içerisinde en yüksek yıllık travmatik SKY

insidansına sahip ülke Kuzey Amerika'dır. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) SKY insidansı yılda 40/1milyon, prevalansı 721/1 milyondur (10). SKY'nin görülme sıklığı İspanya ve Fransa'da 19-24/1 milyon vaka, Katar, Hollanda ve Avustralya'da 12-14/1 milyon vaka arasındadır (11). Ülkemizde 1992'de yapılan bir çalışmaya göre SKY'nin yıllık görülme sıklığı milyonda 12,7 vakadır (12).

Dünyada travmatik sebeplere bağlı gelişen SKY'de erkek/kadın oranının 3/1 olduğu, ancak travmatik olmayan nedenlere bağlı SKY'nin her iki cinsiyette eşit olarak görüldüğü bildirilmiştir (13). Türkiye'de yapılmış bir araştırmaya göre SKY görülme oranı erkek/kadın: 2.5/1 ve ortalama hastalık yaşı  $35,5 \pm 15,1$ 'tir (14). Bununla birlikte kadınların iş hayatı ve sosyal yaşamda daha çok bulunması nedeniyle erkek/kadın oranı azalmıştır. Erkeklerde spinal kord yaralanmasının daha çok görülme sebebi daha tehlikeli işlerde daha fazla bulunmaları ve araç kullanma sıklıklarının fazla olmasıdır.

SKY'li hastaların en sık ölüm nedeni akut böbrek yetmezliği iken, son zamanlarda bunun yerini pnömoni ve sepsis almıştır (15).

#### **2.1.4. Etiyoloji**

SKY'nin etyolojisi travmatik ve non-travmatik olmak üzere iki grupta incelenmektedir. ABD'de en sık görülen travmatik SKY nedenleri; motorlu taşıt kazaları(%39), yüksekten düşmeler (%28), şiddet olayları(%15) ve spor yaralanmaları (%8) olarak sıralanabilir (16). Travmatik olmayan SKY sebepleri dejeneratif hastalıklar, neoplaziler ve spinal kordu etkileyen enfeksiyonlardır (13).

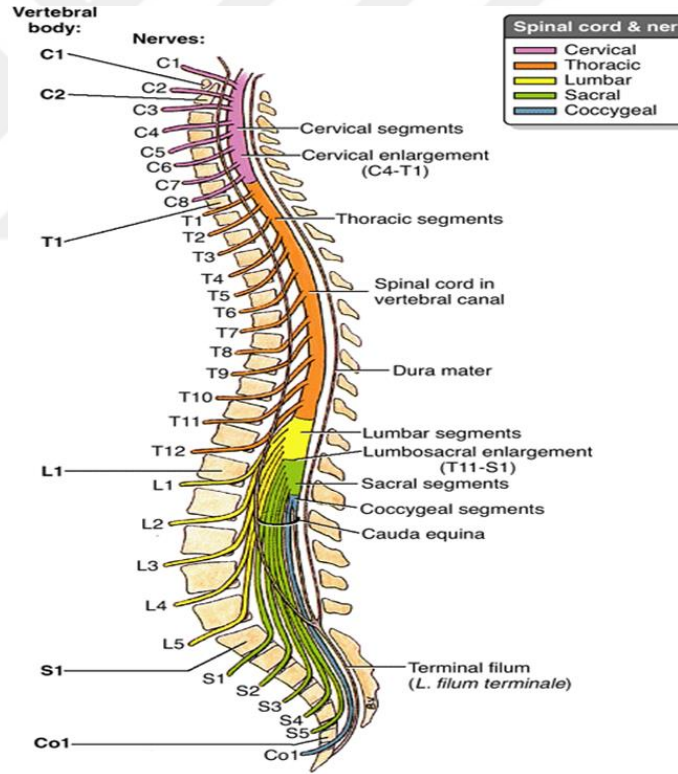
Ülkemizde 2009-2014 yılları arasında yapılan bir çalışmada travmatik SKY'nin nedenleri trafik kazaları (%25,9), yüksekten düşme (%22,6), ateşli silah yaralanmaları (%11,5), enfeksiyonlar (%2,9), tümörler (%6,9), geçirilmiş spinal kord cerrahisi (%13,8), diğer (%16,7)' dir. En sık torakal bölge (%54,6), ikinci sıklıkta lomber bölge (%27,6) yaralanmaları görülmektedir (17).

SKY'nin non-travmatik sebepleri ile ilgili yapılan çalışmalar nispeten daha azdır. Travmatik olmayan SKY için risk faktörleri; osteoporoz, romatizmal hastalıkların omurilik tutulumu, spinal kord etkileyen neoplaziler, spinal iskemi, tethered kord gibi konjenital durumlardır (18).

### 2.1.5. Anatomi

Vertebral kolonda 7 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral vertebra bulunur. Omurilikten 8 servikal, 12 torakal, 5 lomber, 5 sakral ve 1 koksigeal sinir kökü çıkar. C1-C7 arasındaki sinir kökleri aynı numaralı vertebraların üstünden, lomber sinir kökleri ise aynı sayılı vertebraların altından çıkar (19).

Vertebral kolon embriyolojik gelişim sırasında omurilikten daha çok uzadığından, omurilik en sık L1- L2 intervertebral diski seviyesinde sonlanır. Bu nedenle L1 ve L5 spinal segmentleri T11 ve T12 vertebra hizasında, S1 ve S5 segmentleri L1 vertebra hizasındadır (Şekil 2.1). Bu durum radyolojik görüntüler ile değerlendirilirken nörolojik yaralanma düzeyine uygun kemik hasarı seviyesi arasında ilişki kurmak için kullanılmaktadır. Torakolomber bölgenin yaralanmaları en sık T12 ve L1 düzeyinde görülür (20).



Şekil 2.1. Spinal korddan çıkan spinal sinirler ile aynı düzeye denk gelen vertebralar arasındaki ilişkiyi gösteren sagittal bir kesit

Spinal kordun sakral segmentlerini içeren uç kısmına konus medullaris denir. Konus medullarisin altındaki kanalda bulunan lomber ve sakral köklerin toplanmasıyla oluşan at kuyruğu şeklindeki kısma kauda equina denir.

Spinal kordun enine kesitinin ortasında gri cevher, onun etrafında ise beyaz cevher bulunur. Gri cevher nöron hücre gövdelerinden, beyaz cevher ise nöral yolaklardan ve glial hücrelerden oluşur. Gri cevher her iki tarafta anterior ve posterior boynuz olmak üzere 2 bölümden oluşur. Arka boynuzda duyuusal nöronların hücre gövdeleri, ön boynuzda motor nöron hücre gövdeleri bulunur (20).

Beyaz cevher her iki tarafta anterior, lateral ve posterior kolon olmak üzere 3 bölüme ayrılmıştır. Medial arka sütunda fasciculus gracilis, lateral arka sütunda fasciculus cunetus, lateral kolonda spinotalamik yol, posterolateral sütunda kortikospinal yol (%90), anteromedial sütunda kortikospinal yol (%10) yer almaktadır (19).

Spinal kordun dolaşımı 1 anterior spinal, 2 posterior spinal ve birkaç segmental radiküler arter tarafından sağlanır. Posterior spinal arterler, vertebral arterlerden ayrılır ve spinal kordun posterior 1/3'ünü beslemek için arka yüzeyden ilerler. İki anterior spinal arter vertebral arterlerden köken alır, ancak sonra birleşerek tek bir anterior spinal arter olarak spinal kordun ön kısmını besler (21).

### **2.1.6. Yaralanmanın Patofizyolojisi**

Spinal kord yaralanmalarının çoğu vertebra yaralanması ile birlikte görülür. Yaralanma sonrası gerçekleşenler primer ve sekonder olarak sınıflandırılabilir

Primer yaralanma, spinal kordda kompresyon ve kontüzyon sonucu oluşan ani etkidir. Kemiksel elemanların subluksasyonu veya kırığı omurilik ve vasküler yapılarda doğrudan hasara neden olur (22).

Sekonder yaralanma primer yaralanmadan hemen sonra başlayıp birkaç hafta boyunca sürebilmektedir. Yaralanmaya ilk tepki olarak nötrofiller serbest oksijen radikalleri ve lizozomal enzimler üreterek yaralanma bölgesine göç ederler. Nötrofillerden sonra hücresel artıkların fagositozu için makrofajlar yaralanma alanına gelir (23).

Omuriliğin vasküler beslenmesinin bozulması; beyaz ve gri cevherde mikrohemorajilere, hücreler arası ödeme, pıhtılaşma faktörlerinin ve vazoaktif mediatörlerin salınımına neden olarak vazospazma neden olur. Ayrıca glutamat aracılı nöronal uyarım hücre içine fazla miktarda kalsiyum girmesine neden olur. Spinal kord

ödemi yaralanmadan sonra saatler içinde ortaya çıkarak 3. ve 6. günlerde pik yaparak 9.günde azalmaya başlar. Omurilik ödemi venöz kan basıncını geçtiğinde sekonder iskemi meydana gelir. Nörojenik şoktan kaynaklanan hipoksi ve hipotansiyon ile iskemi daha da belirginleşir. Bu olaylar yaralanma merkezinden kaudale, gri cevherden beyaz cevhere doğru ilerleyerek nörolojik kayba neden olmaktadır (24).

### **2.1.7. Klinik**

SKY'li hastalarda kas gücü kaybı, hipoestezi/anestezi gibi duyu defisitleri, spastisite, cinsel fonksiyon bozukluğu, mesane ve barsak disfonksiyonu görülebilir (25).SKY'den sonra ağrı görülme sıklığı %26-96 arasında bildirilmiştir. Bu hastalarda ağrı kas iskelet sistemi kökenli mekanik ağrılar olabileceği gibi visseral ve nöropatik karakterde de olabilir (26). T6 ve üstündeki seviyelerde lezyonu bulunan hastalarda lezyon seviyesinin altında duyuusal bir uyarın ile otonomik disrefleksi belirtileri görülebilir. (27).

### **2.1.8. Klinik Sendromlar**

SKY'de ABS (ASIA bozukluk skalası) sınıflandırmasına eklenmemiş yaralanma düzeyi ve yerine göre çeşitli klinik tablolarla ortaya çıkan sendromlar bulunmaktadır. Bunlar;

**Santral kord sendromu:** En sık görülenidir. Genellikle servikal spondilozu olan ve düşme sonrası hiperekstansiyon yaralanması yaşayan hastalarda görülür. Üst ekstremiteler alt ekstremitelere göre daha fazla etkilenmiştir. Pozisyon ve vibrasyon duyusu korunurken ağrı ve sıcaklık duyusu etkilenir (28).

**Anterior Kord Sendromu:** Anterior spinal arterde meydana gelen oklüzyon en yaygın sebebidir. Lezyon seviyesinin altında motor paralizi, ağrı ve ısı duyusunda kayıp görülür. Pozisyon ve vibrasyon duyusu korunur (28).

**Brown- Sequard sendromu:** Penetran tip yaralanmalardan sonra meydana gelen omuriliğin tek taraflı hemiseksiyon hasarıdır. İpsilateral motor disfonksiyon, ipsilateral yaralanma seviyesinin altında pozisyon ve vibrasyon duyusu kaybı, kontralateral yaralanma seviyesinin birkaç segment altında ağrı ve ısı duyusunda kayıp görülür (28).

Konus medullaris sendromu: Torakolomber bileşke yaralanmaları sonrası omuriliğin alt uç kısmında spinal kanalı etkileyen travmalara bağlı gelişir. Alt ekstremitelerde genelde simetrik motor disfonksiyon, flask mesane ve barsak görülür (28). Kronik dönemde üst motor nöron bulguları olan babinski pozitifliği, derin tendon reflekslerinde hiperaktivite ve spastisite gözlenebilir (19).

Kauda ekina sendromu: Konus medullarisin distalinde omurilik kanalı içindeki lumbal ve sakral sinir köklerinin hasarı ile meydana gelir. Alt ekstremitelerde motor fonksiyon kaybı, flask mesane ve barsak ile duyu kusurları görülür. Tutulum genellikle asimetric olup alt motor nöron bulguları görülür (20).

### **2.1.9. Spinal Kord Yaralanmasında Nörolojik Değerlendirme**

SKY'nin nörolojik değerlendirmesinde kullanılan The International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury (ISNCSI); en sık kullanılan ve en gelişmiş sınıflandırma sistemidir. ISNCSI, American Spinal Injury Association(ASIA) tarafından 1982 yılında kurulmuş olup 2015 ve 2019 yıllarında revize edilmiştir (29).

#### **2.1.9.1. Spinal kord yaralanmasında ASIA bozukluk skalası (ABS) ve muayene**

SKY için oluşturulan uluslararası standartlar kitapçığı (ISNCSI)'nda yaygın terimlerin tanımları, nörolojik muayene, ASIA bozukluk skalası (ABS) ve ABS sınıflandırma basamakları bulunur.

ISNCSI kitapçığında yaygın kullanılan terimler (29).

Tetrapleji: Servikal bölgede spinal kanalın içindeki nöral yapıların hasara uğraması nedeniyle duyuusal ve/veya motor fonksiyon bozukluğu anlamına gelir.

Parapleji: Torakal, lomber veya sakral bölgede spinal kanal içindeki nöral yapıların hasar görmesiyle duyuusal ve/veya motor fonksiyon bozukluğu veya kaybı oluşan tablodur. Konus medullaris ve kauda ekinayı da bu tabloya dâhildir.

Paraparezi-Tetraparezi: Bu tanımlar kısmi yaralanmaları yanlış tanımladıkları ve parapleji-tetrapleji kavramlarının yalnızca komplet yaralanmalar için kullanılmasını gerektirdiği için kullanılması önerilmez.

Miyotom: Bir spinal sinir segmentinin innerve ettiği tüm kasların bölgesidir.

Dermatom: Bir spinal sinir segmentinin innerve ettiği cilt bölgesidir.

### Nörolojik muayene

SKY'nin nörolojik sınıflaması için kullanılan uluslararası standartların duysal ve motor muayeneden oluşan 2 bölümü mevcuttur. Bu muayeneden elde edilen sonuçlar duysal, motor ve nörolojik seviyelerin belirlenmesinde kullanılır (29).

*Duyusal muayene:* Vücudun her iki tarafındaki 28'er dermatomun (C2'den S4-S5'e) her birinde bulunan test edilebilen anahtar noktaların hafif dokunma ve iğne batması ile test edilmesinden oluşur. Anahtar noktadaki hafif dokunma ve iğne batma duyusunun değerlendirilmesi, hastanın yanağında hissedilen duyu ile karşılaştırılarak 3 puanlık bir ankette her iki duyu ayrı ayrı puanlanır (Tablo 2.1,2.2) (30).

**Tablo 2.1.** Hafif dokunma duyusu muayenesi (30)

<b>Hafif dokunma duyusu</b>	
0	Kişi hiç duyu hissetmediğini söyler
1	Kişi dokunmayı doğru tanımlar ancak yanaktan daha farklı hissettiğini söyler
2	Kişi dokunmayı doğru tanımlar ve yanakla aynı derecede hissettiğini söyler
TE	Test edilemez (TE)

**Tablo 2.2.** İğne batma duyusu muayenesi (30)

<b>İğne batma duyusu</b>	
0	Kişi küt ve sivri duyu ayrımı yapamadığını veya hiç hissetmediğini söyler
1	Kişi küt ve sivri ayrımını yapar ancak yanaktan farklı hissettiğini söyler
2	Hasta küt ve sivri ayrımını yapar ve yanakla aynı derecede hissettiğini söyler
TE	Test edilemez (TE)

*Derin Anal Basınç (DAB) :* Muayene eden kişinin rektumu işaret parmağıyla palpe edip hafif basınç uygulamasıyla incelenir. Anal bölgede hissedilen basınç hissi, hastanın kısmi bir lezyonu olduğunu göstermektedir. S4-5 dermatomunda hafif



dokunma veya iğne batırma duyusu olan hastalarda, bu inkomplet yaralanma olduğuna işaret olduğu için, DAB değerlendirmesi gerekmemektedir (31).

*Duyusal seviye: Hafif* dokunma ve iğne duyusu test edildikten sonra iki duyunun da normal olarak değerlendirildiği en uç seviyedir (31).

*Duyusal skor:* Vücudun her bir tarafında hafif dokunma duyusunun bakıldığı 28, iğne batırma duyusunun bakıldığı 28 olmak üzere her iki taraf toplam 112 dermatom alanının puanlanması sonucu belirlenir (31).

*Motor muayene:* Vücudun her iki tarafında C5-T1 ve L2-S1 arasına denk gelen 10 miyotoma ait anahtar kasların işlevlerinin test edilmesinden oluşur. Proksimaldeki kaslardan distal kaslara doğru ilerlenir. Her kas fonksiyonunun gücü 6 puanlık bir ölçek ile değerlendirilir (29) (Tablo 2.3).

**Tablo 2.3.** Kas gücü değerlendirmesi (33)

<b>Kas gücü derecelendirilmesi</b>	
0	Hiç hareket yok
1	Palpe edilebilen veya izlenebilen kasılma
2	Yer çekimi ortadan kaldırıldığında tamamlanan aktif EHA
3	Yer çekimine karşı tam aktif EHA
4	Orta derecede dirence karşı tam aktif EHA
5	Yüksek derecede dirence karşı tam aktif EHA
TE	Test edilemez (TE)

*Anahtar kaslar:* Tüm hastalarda değerlendirilen 5 tanesi üst, 5 tanesi alt ekstremitede olan sağ ve sol toplam 10 çift kası ifade eder (29) (Tablo 2.4).

**Tablo 2.4.** Anahtar kaslar (29)

<b>Üst Ekstremité</b>		<b>Alt Ekstremité</b>	
C5	Dirsek fleksörleri	L2	Kalça fleksörleri
C6	El bilek fleksörleri	L3	Diz ekstansörleri
C7	Dirsek ekstansörleri	L4	Ayak bileği dorsifleksörleri
C8	Parmak fleksörleri	L5	Baş parmak ekstansörleri
C9	Parmak abduktörleri	S1	Ayak bileği plantar fleksörleri

*Anahtar olmayan kaslar:* Motor seviyenin belirlenmesinde kullanılmamalarına karşın ABS B ve C'yi ayırt etmek için kullanılır. Bu ayırım için her iki taraftaki motor seviyenin 3 seviyeden daha alttaki kaslarda anahtar olmayan kas fonksiyonları test edilmelidir (29) (Tablo 2.5).

**Tablo 2.5.** Anahtar olmayan kaslar (33)

<b>Üst Ekstremité</b>		<b>Alt Ekstremité</b>	
C5	Omzun tüm yönlere hareketi Dirsek supinatörleri	L2	Kalça adduksiyonu
C6	Dirsek pronatörleri El bilek fleksörleri Baş parmak horizontal düzlemde fleksiyon ekstansiyon abduksiyon	L3	Kalça eksternal rotasyonu
C7	El parmak proksimal eklem fleksiyon ve ekstansiyon Baş parmağın sagittal düzlemde abduksiyon ve adduksiyonu	L4	Kalça ekstansiyon, absuksiyon internal rotasyon ve Diz fleksiyonu Ayak bileği inversiyon ve eversiyonu Metakarpofalngial ve interfalngial eklem ekstansiyonu
C8	Metakarpofalngial eklem fleksiyonu	L5	Tüm parmakların proksimal ve distal eklemlerinin fleksiyon ve abduksiyonu
C9	5.Parmak abduksiyonu	S1	Ayak 1.parmak adduksiyonu

İstemli anal kontraksiyon: Eksternal anal sfinkter S2-4'ten itibaren pudental sinirin somatik motor bileşenleri tarafından innerve edilir. Muayene eden kişi rektuma parmağını sokarak istemli kasılmaları test edip var ya da yok olarak değerlendirir. İstemli anal kontraksiyon hastanın motor inkomplet yaralanmasını gösterir (29).

Motor seviye: Vücudun her iki tarafında 10 çift kasın oluşturduğu 10 miyotomun her birinde bulunan anahtar kasların kas gücü belirlenir. Derecesi en az 3/5 olan kasın, üst seviyelerindeki segmentlerde kas gücü 5/5 ise, bu kasın olduğu seviye motor seviye olarak belirlenir (29).

Motor skor: Motor fonksiyonun sayısal olarak özet skoru anlamına gelir. Anahtar kaslara kas gücü kadar puan verilir. Kas gücü 4/5 ise 4 puan, 5/5 ise 5 puan verilir. Bir ekstremitenin alabileceği en yüksek puan 25'tir (31).

Nörolojik yaralanma seviyesi: Motor ve duysal fonksiyonların vücudun her iki tarafında da normal olduğu en uç seviye olarak tanımlanır (29).

Komplet yaralanma: Yaralanma bölgesinin distalinde sakral kökler dâhil olmak üzere tüm motor ve duysal fonksiyonların kaybı anlamına gelmektedir (29).

İnkomplet yaralanma: Yaralanma bölgesinin altında korunmuş motor ve/veya duysal fonksiyonunun varlığı anlamına gelir (29).

Kısmi korunmuş alan: Komplet yaralanmalarda motor ve/veya duysal seviyelerin altında kısmen korunmuş miyotom ve dermatomları ifade eder (31).

#### **2.1.9.2. Spinal kord yaralanmasında sınıflandırma:**

SKY olan hastalar sınıflandırılırken vücudun her iki tarafı için duysal ve motor seviye belirlenir. Nörolojik yaralanma seviyesinin tanımlanması ile birlikte SKY'nin komplet mi inkomplet mi olduğu belirlenir

İstemli anal kasılma, sakral duyu ve derin anal basınç yok ise yaralanma komplet olup ABS A olarak tanımlanır. Bunların herhangi birisinin varlığında yaralanma inkomplettir. İnkomplet yaralanmalar ABS B,C veya D'dir (Tablo 2.6.) (29).

**Tablo 2.6.** ABS sınıflandırması (33)

<b>ASIA bozukluk skalası(ABS)</b>	
A	Komplet S4 ve S5 sakral sinirlerin innerve ettiği dermatom ve miyotom alanı yoktur.
B	İnkomplet duysal S4 ve S5 sakral sinirlerin innerve ettiği duyu alanı korunmuş, motor alan korunmamıştır ve vücudun her iki tarafında motor seviyenin 3 seviye aşağısında motor fonksiyon korunmamıştır.
C	İnkomplet motor S4 ve S5 sakral sinirlerin innerve ettiği motor alan (istemli anal kontraksiyon) korunması veya vücudun her iki tarafında nörolojik seviyenin 3 seviye aşağısında motor fonksiyonlar korunmuştur ( kasların yarısı 3/5'ten az kas gücüne sahip olmalı), buna ek olarak S4 ve S5 sakral sinirlerin innerve ettiği duyu alanı korunması
D	İnkomplet motor S4 ve S5 sakral sinirlerin innerve ettiği motor alan (istemli anal kontraksiyon) korunması veya Vücudun her iki tarafında nörolojik seviyenin 3 seviye aşağısında motor fonksiyonlar korunmuştur ( kasların yarısı 3/5'ten fazla kas gücüne sahip olmalı)
E	Normal SKY olan bir hastanın var olan defisiti uluslararası standartlarda test edildiğinde motor ve duyu fonksiyonları tüm seviyelerde normal ise ABS E olarak tanımlanır.

\*ABS B ve C ayrımını yapmak için motor seviye, ABS C ve D ayrımını yapmak için nörolojik seviye kullanılır.

### **2.1.10. Spinal Kord Yaralanmalarında Prognoz**

Travmatik SKY'nin iyileşmesini belirleyen prognostik faktörler; SKY'nin komplet veya inkomplet olması, hastanın yaşı, olay öncesi motor kas gücü, yaralanmanın nedeni, şiddeti ve seviyesidir. Motor düzelmenin çoğu ilk 6-9 ayda ortaya çıkar ve 12-18 ay sonra plato şeklinde seyreder (32).

Yaralanmadan sonra 72.saatte ABS ile yapılan muayene prognozu en iyi belirleyen değerlendirmedir. Yapılan bir araştırma sonucunda bu belirlenmenin sonunda ABS A olan hastaların %80'ninin ABS A olarak kaldığı, %10'unun ABS B diğer %10'unun da ABS C'ye ilerlediği görülmüştür (33).

Komplet yaralanmalı hastalarda inkomplet yaralanmaya dönüşme olasılığı yaralanma seviyesi yükseldikçe azalır. İnkomplet torakal yaralanmalı hastalar motor fonksiyonlarda iyileşme açısından prognozu en iyi olan gruptur (19).

Penetran tipte yaralanmaların, künt travmalara göre komplet yaralanmaya yol açma olasılığı daha yüksektir. SKY sonrası nörolojik iyileşmede cinsiyetin önemli bir etkisinin olduğunu destekleyecek yeterli düzeyde veri yoktur (32).

### **2.1.11. SKY sonrası yürüme ve motor iyileşme**

Omurilik yaralanması ekstremitelerde mekanik yüklenmenin olmaması, kas atrofisi ve kemik kitlesi kaybı nedeniyle bireylerde yürüme yeteneğinin bozulmasına veya kaybına neden olur. Ambulasyon egzersizleri motor iyileşmeyi sağlamanın yanı sıra sistemik inflamasyonu azaltır, mental sağlığı iyileştirir. Bireyin günlük yaşamında daha aktif olup toplumsal katılımını artırır. Bununla birlikte düşme riski, gerçekçi olmayan beklentiler ve yaşam kalitesinde azalma da olası durumlar olarak belirtilebilir (34).

Motor iyileşme ve yürüme fonksiyonunun yeniden kazanılması rehabilitasyonun en önemli hedeflerinden biridir (35).

Fonksiyonel ve anatomik veriler SKY sonrası kortikal ve subkortikal motor merkezlerde, lezyon seviyesinin hem üstünde hem de altında ve tüm bunların birbirleriyle bağlantı kurmasını sağlayan motor liflerde önemli bir adaptasyon mekanizması olduğunu göstermektedir. Hayvan modellerinde yapılan çalışmalar sonucunda bu iyileşme aşamasında önceden var olan sinaptik bağlantıların yeniden düzenlendiği veya eskiden var olmayıp yaralanma sonrası ortaya çıkan sinaptik bağlantıların etkili olduğu görülmüştür (36). İnkomples SKY'li hastalarda yaralanmadan sonraki birkaç yıl içerisinde belirgin spontan fonksiyonel iyileşme gözlenebilir (37).

Akut bir SKY sonrası ayakta durma eğitimi kemik kaybını azaltıp osteoporoz gelişimini engelleyebilir. Ayakta durmanın diğer diğer yararları arasında spastisitenin azalması, yerçekimi etkisiyle barsak ve mesane düzeninin oluşturulması ve basınç yaralarının önlenmesi sayılabilir (25).

Yaralanma sonrası ambulasyon prognozu açısından yaş ve nörolojik muayene değerlendirilir. İleri yaşın yürüme üzerinde olumsuz etkisi vardır. İnkomples tetraplejili hastaların % 46'sı bir yıl içinde toplum içi ambulasyona %14'ü ev içi ambulasyona ulaşabilir. İlk değerlendirmede kısmi motor yaralanması olan hastalar

duyusal hasarı olan olanlara göre daha fazla ambulasyon potansiyeli taşırlar. Komplet paraplejiklerin yaklaşık %5'i, inkomplet paraplejik hastaların %76'sı toplum içi ambulasyona ulaşabilmektedir. ABS değerlendirmesi rehabilitasyon programı sırasında yürümeyi tahmin etmede yardımcıdır. ABS C'li hastaların yaklaşık %28'i ve ABS D'li kişilerin yaklaşık %67'si tedavi sonrasında yeniden yürüme fonksiyonunu kazanabilmektedir (25).

Ambulasyon, rehabilitasyon hedeflerini ortaya koymak için 3 gruba ayrılmaktadır:

1. Egzersiz amaçlı ambulasyon; transferler ve günlük yaşam aktivitelerini yardım almadan yapamaz. T10 seviyesi üstü yaralanması olan paraplejik hastalar bu gruptadır.
2. Ev içi ambulasyon; yürüme, transferler ve günlük yaşam aktivitelerinde kısmi yardıma ihtiyaç duyarlar. T11-L2 düzeyleri arası yaralanması olan paraplejik hastalar bu gruba girer.
3. Toplum içi ambulasyon; yürüme, transferler ve günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızdır. L3 ve daha distal seviyelerde yaralanması olan paraplejik hastalar bu gruba girer (19).

#### Fonksiyonel hedefler

SKY'li hastalarda yaralanma düzeyine göre hangi fonksiyonların yapılabileceği rehabilitasyonun temel hedefini oluşturur. Ancak her hasta cinsiyet, vücut ağırlığı, üst ve alt ekstremitenin motor fonksiyonları, sosyoekonomik durum farklılığı nedeniyle beklenen hedefe ulaşamayabilir. Komplet yaralanmalı hastaların yaralanma seviyelerine göre 1 yıl içinde

- T2-T10 düzeyi: Egzersiz amaçlı ambule
- T11-L2 düzeyi: Ev içinde ambule
- L3 ve distali: Toplum içinde ambule olabilmesi beklenir

## **2.1.12. Spinal Kord Yaralanmasının Komplikasyonları**

### **2.1.12.1. Solunum sistemi komplikasyonları**

Solunum sistemi komplikasyonları, SKY'li hastalarda morbidite ve mortalitenin en önemli sebebidir. En sık görülen komplikasyonlar atelektazi, pnömoni ve solunum yetmezliğidir. Pulmoner ödem, bronkospazm, pulmoner tromboemboli gibi komplikasyonlar görülebilmektedir. Solunum komplikasyonlarının ciddiyeti, ABS'a göre SKY'nin düzeyine ve komplet olup olmamasına bağlıdır.

Solunum komplikasyonlarının engellenebilmesi için, pulmoner rehabilitasyona yaralanmadan hemen sonra başlanmalıdır. Atelektazi ve sekresyonlara karşı yaklaşım, erken tedavinin temel taşlarıdır. Oluşabilecek mukus tıkaçları tedavi edilmeli, aspirasyon önlenmelidir (38).

### **2.1.12.2. Kardiyovasküler komplikasyonlar**

Spinal kord yaralanmasını takiben kardiyovasküler kontrol üzerinde etkili mekanizmaların bozulması yaralanmanın düzeyi ve derecesiyle doğrudan ilişkilidir (39).

Kardiyak olaylar, özellikle komplet tetraplejik hastalarda daha yaygındır. Bu hasta azalmış vasküler tonus ve parasempatik sistemin baskınlığı sonucu, özellikle erken dönemde; bradikardi, hipotansiyon, hipotermi/hipertermi, artmış vagovagal refleksler, bradiaritmiler, vazodilatasyon ve staz gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Kronik dönemde ise; ortostatik hipotansiyon, kardiyovasküler reflekslerde kayıp, otonomik disfonksiyon (T6 üzeri lezyonlarda) ortaya çıkabilir (40).

Otonom disrefleksi, T6 seviyesi veya üzerinde yaralanmalı kişilerde ortaya çıkar. Yaralanma seviyesinin altında ortaya çıkan bir uyarıya yönelik sempatik sinir sisteminin ani, kontrolsüz tepkisi olarak tanımlanabilir. Bu durum bradikardi ve hipertansiyon ataklarıyla karakterizedir. Sistolik kan basıncının 20-40 mmHg artışı gözlenir. Baş ağrısı ve terleme başta olmak üzere birçok belirti görülebilir. En sık nedeni mesane veya barsak distansiyonudur. Basınç yaraları, cilt bozuklukları, tırnak batması ve sıkı giysiler de nedenleri arasında sayılabilir. Tedavisinde altta yatan neden bulunmalı ve ortadan kaldırılmalıdır. Hastanın pozisyonu dik konuma getirilmeli, sıkı

ve düzenli tansiyon takibi yapılmalı ve tansiyon yüksekliği düzelmezse antihipertansif ilaç tedavisi uygulanmalıdır (40).

Derin Ven Trombozu (DVT) ve Pulmoner Emboli (PE): DVT ve PE, omurilik yaralanmalı hastalarda önemli morbidite ve mortalite nedenleri arasındadır. Akut SKY'li hastalarda DVT insidansının %50'den fazla olduğu bildirilmiştir. Akut SKY hastalarında yüksek risk, Virchow üçlüsünün 3 komponentinin (hiperkoagülasyon, staz ve intimal hasar) aynı anda varlığının bir sonucudur. Nörolojik defisitinin ciddiyetine (kısmi yaralanma, yürüme işlevi vb.) ve eşlik eden durumlara bağlı olarak değişebilmekle beraber yüksek riskli popülasyonda kılavuzlar, mekanik profilaksi (pnömotik kompresyon, varis çorabı, pasif egzersizler) ve 8-12 hafta boyunca profilaktik antikoagülan tedaviyi önerir (41).

### **2.1.12.3. Üriner komplikasyonlar**

Omurilik hasarı, özellikle T10 seviyesinin üzerindeyse (mesanenin sempatik otonom sinir sistemi innervasyonunun üzerinde) miksiyonun kortikal inhibisyonunun ortadan kalkması ile mesane ve sfinkterlerde spastisite meydana getirir. Hem detrüör hem de sfinkter kasılmasına bağlı dissinerjik mesane ortaya çıkar. Mesane kapasitesi genellikle azalır. Alt motor nöron tip yaralanmada ise sakral segmentteki etkilenimi ile arefleks veya hipoaktif detrüör görülür. Detrüör tonusu düşük olduğundan ve iç sfinkter innervasyonu sağlam olduğundan mesane kapasitesi büyüktür

Nörojenik mesaneli hastalar üriner sistem enfeksiyonu, böbrek ve mesane taşları, veziköüretal reflü, renal yetmezlik ve böbrek yetmezliği için yüksek risk taşımaktadır. Nörojen mesane tedavisinde hasta eğitimi oldukça önemlidir. Tedavide programlı işeme, aralıklı kateterizasyon, farmakolojik tedaviler (antikolinerjikler, alfa 1 blokörler, alfa 2 adrenerjikler, kolinerjikler, trisiklik antidepresanlar, botulinum toksin enjeksiyonu) daimi kateterizasyon ve mesane ve/veya üretraya yönelik cerrahi girişimler yer almaktadır (42).

### **2.1.12.4. Gastrointestinal komplikasyonlar**

Nörojenik bağırsak disfonksiyonu (NBD), bağırsak motilitesi ve sfinkter kontrolündeki etkilenmeler nedeniyle SKY'li kişilerde önemli bir sorundur. NBD'nin



en çok görülen semptomları fekal inkontinans ve kabızlıktır. Genelde daha yüksek ve daha şiddetli yaralanmaları olan kişilerde bu komplikasyonlar daha belirgindir. Konus medullaris üzerindeki yaralanmalarda, üst motor nöron (UMN) bağırsak sendromu görülürken, konus medullaris ve kauda ekuinadaki hasarlarda, alt motor nöron (LMN) bağırsak gözlenir.

Düzenli bir barsak programı karın ağrısı, kabızlık ve şişkinlik gibi semptomları azaltıp NBD ile ilişkili anorektal komplikasyonların gelişimini en aza indirecektir. Bu tedaviler yeterli sıvı ve lif alımını içeren diyet, fiziksel aktivite, dijital stimülasyon, gerek duyulduğunda dijital olarak dışkı temizlenmesi, oral ve rektal medikal müdahaleleri içerir (43).

#### **2.1.12.5. Bası yarası**

Bası yarası (BY), SKY'lilerde sık görülen ve ilerlediği zaman ciddi sorunlara yol açabilen önemli bir komplikasyondur. BY'li hastaların yaşam kalitesi düşmekte, yatış süreleri uzamakta ve tedavi maliyetleri yükselmektedir. Lezyonun seviyesi, süresi, ileri yaş, immobilitate, inkontinans, sigara ve alkol kullanımı, düşük protein düzeyleri risk faktörleri arasında sayılabilir. En sık sakrum, iskiyum, trokanter ve topuk gibi kemik çıkıntılar üzerinde görülür. Risk faktörlerinin ortaya konması ve buna yönelik önlemlerin alınması ile önlenabilir (44).

#### **2.1.12.6. Kalsiyum metabolizması bozuklukları ve osteoporoz**

SKY'lilerde yaralanma seviyesi altında az kullanılmaya bağlı olarak osteoblastik aktivite baskılanır, osteoklastik aktivite artar. Buna bağlı olarak hiperkalsemi, parathormon azalması ve 1,25(OH)<sub>2</sub> aktif D vitamini düzeyi azalması görülür. SKY'li hastalarda kırık riski normal popülasyona göre artmış olup bu kırıkların çoğu alt ekstremitede özellikle diz eklemi çevresinde; proksimal tibia ve distal femurda görülür (45).

#### **2.1.12.7. Üreme sistemi ilişkili komplikasyonlar**

SKY'li hastalarda ereksiyon ve ejakulasyon problemleri, orgazm bozuklukları, libido azalması, menstrüel bozukluklar ve infertilite gibi hastalıklar görülebilir (46).

### **2.1.12.8. Depresyon**

SKY, hastalar için fiziksel ve psikolojik değişikliklere neden olan ciddi bir olaydır. Birçok hasta, yaralanmadan önce aktif bir yaşam sürdürdüğünden, fiziksel kısıtlanma hayal kırıklığı, değersizlik ve çaresizlik duygularını ortaya çıkarabilmektedir. Eğitim düzeyi ve sosyoekonomik özellikler de depresyon belirtileri ile ilişkilendirilmiştir (47).

### **2.1.12.9. Spastisite**

SKY'ye bağlı spastisitenin, desendan inhibitör mekanizmanın ortadan kaybolması ve motor nöronların intrinsik hipereksitabilitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (48).

Spastisite hastaya özgü fonksiyonel hedefler ortaya konulup tedavi edilmelidir. Özellikle ekstansör grup kaslardaki spastisite ayakta durmaya ve ambulasyona katkıda bulunur. Bakım fonksiyonlarını (hijyen, giyinme, TAK uygulaması, bez değişimi vb.) bozan, transfer yeteneğini kaybettiren, uyku bozukluğu, ağrı, eklem kontraktürleri ve deformitelere yol açan, ortez kullanımında zorluk oluşturan spastisite tedavi gerektirmektedir. Tedavide farmakolojik, farmakolojik olmayan ve cerrahi olarak üç seçenek bulunmaktadır. Sadece birkaç kas grubunda spastisite mevcutsa lokal tedaviler planlanır. Lokal girişimler botulinum toksini-A enjeksiyonu, alkol, fenol ve lokal anestezi bloklarını içerir. Yaygın spastisitede ise nonfarmakolojik tedavilerle birlikte sistemik farmakolojik ajanlar, intratekal uygulamalar, nöromodülasyon yöntemleri ( rTMS, tDCS vb.) ve cerrahi yöntemler tercih edilebilir (49).

### **2.1.12.10. Ağrı**

SKY'li hastaların yaklaşık %65-85'inin ağrı çıkmaktadır. Ağrı hastalarda yaşam kalitesini azaltan, sosyal hayatı, uykuyu ve günlük yaşam aktivitelerine katılımı olumsuz etkileyen tedaviye dirençli bir komplikasyondur. SKY'li hastalarda ağrılar nosiseptif (kas-iskelet, visseral, diğer), nöropatik, diğer ve bilinmeyen ağrı olarak sınıflandırılmaktadır (50).

Nöropatik ağrı lezyon seviyesinde, lezyon seviyesinin altında veya eşlik eden diğer nöropatik ağrı yaratan durumlar olarak sınıflandırılabilir (50).

Ağrı yönetiminde farmakolojik, girişimsel, nöromodülatör ve cerrahi yöntemler tedavi seçenekleri arasındadır. Farmakolojik tedaviler arasında antikonvülsan ilaçlar (gabapentin ve pregabalin), antidepresanlar, opioidler sayılabilir. İntravenöz analjezikler ve intratekal baklofen girişimsel tedavi seçenekleri arasındadır (51). Nöromodülasyon yöntemleri olarak transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu, periferik sinir stimülasyonu, omurilik stimülasyonu, rTMS, tDCS kullanılabilir. Kordotomi, kordomiyelotomi, dorsal kök giriş bölgesi cerrahisi dirençli olgularda tedavi seçenekleri arasındadır (52).

### **2.1.13. Spinal Kord Yaralanması Sonrası Rehabilitasyon**

SKY sonrası rehabilitasyon programının hedefleri günlük yaşam aktivitelerinde bağımsızlığı fonksiyonel olarak en üst düzeye çıkarmak ve ikincil komplikasyonları önlemektir. Rehabilitasyon sürecinde hasta, aile üyeleri, hemşire, fizyoterapist, iş uğraşı terapisti, diyetisyen, psikolog, ortotist, konsültan hekimler ve sosyal hizmet görevlisinin içinde bulunduğu, fizik tedavi ve rehabilitasyon hekimi tarafından yönetilen multidisipliner bir yaklaşım gerekmektedir (20).

Rehabilitasyon süreci pozisyonlama ile başlar. Hasta sırt üstü yatarken omuzlar abduksiyonda, dirsekler ve el bileği ekstansiyonda, parmaklar semifleksiyonda ve baş parmak oppozisyon pozisyonunda tutulmalıdır. Alt ekstremitede ise kalça ve dizler ekstansiyonda, ayak ve ayak bileği dorsifleksiyonda tutulmalıdır. Gerekirse bu pozisyonu sağlamak için kum torbaları, destek yastıkları ve ortezer kullanılabilir (53).

Kontraktürleri ve kas atrofisini önlemek için eklem hareket açıklığı egzersizlerine erken dönemde başlanmalıdır. Bu egzersizler günde en az 1 kere 2-5 dakika yapılmalıdır. Kontraktür meydana gelmişse germe egzersizleri ile kaslar ve bağ doku gerilmelidir. Endurans egzersizleri olarak kol çarkı, tekerlekli sandalye (TS) sürme, yüzme, bisiklete binme ve yürüyüş yapılabilir. Kaslar aktif, aktif yardımcı ve progresif dirençli egzersizler ile kuvvetlendirilebilir. Paraplejik hastalarda özellikle üst ekstremitelerde kas güçlerini kuvvetlendirmek önemlidir. Çünkü bu kaslar TS kullanımında, ağırlık aktarımında, transferlerde ve el desteği kullanımında hastaya yardımcı olacağı için kuvvetli olmalıdır (53).

Bu hastalarda paralizi nedeniyle denge kaybı gelişir. Hasta dengesini sağlayamadan ambule olamayacağı için denge egzersizleri çok önemlidir. Hastanın mevcut postürüne alışması ve denge koordinasyon egzersizleri ile dengenin sağlanması gerekmektedir.

Mobilite egzersizleri öncelikle yatak içi egzersizler (yatakta dönme, oturma dengesi) ile başlar. Omuz çevresi kas gücü iyi olan paraplejik veya tetraplejik hastalar yardım almadan oturabilir. Eğer hasta yardımsız oturamıyorsa baş üstü askılarından faydalanılabileceği gibi hasta yataklarının başları kaldırılarak hasta oturur duruma getirilebilir. Oturma dengesi sağlandıktan sonra TS, transfer ve ayakta durma egzersizlerine başlanır. TS'nin bacak uzunluğu, pelvis genişliği, sırt ve önkol uzunlukları hastaya özel ayarlanmalıdır. TS'de güvenli bir şekilde oturabilen hastaya sürme teknikleri, transferler, rampa inip çıkma ve dönüşler öğretilir.

Hastalar oturma dengesini sağladıktan sonra ayakta durma ve yürüme egzersizlerine geçilir. Omurilik yaralanmalı hastaların rehabilitasyon sürecindeki ilk istekleri yürüme olmaktadır. Yürümek için öncelikle hastaların ayakta durma dengesini kazanmaları gerekmektedir. Bunun için tilt tahtası kullanılarak hastanın aşama aşama dik durmaya alışması sağlanır. Hasta bunu tolere edince paralel barda ortezler ile ayakta durma, denge koordinasyon ve yük aktarımı çalışılır (54).

Pelvik kontrolünü sağlayabilen hastalar paralel bardan çıkıp el destekleri ve ortezler ile ambule olabilirler. C8-T12 seviyeleri arasında komplet yaralanması olan hastalar resiprokal yürüme ortezleri ile toplumsal ve ev içi ambule olabilirler. Kalça eklemine kısmen kontrol edebilen hastalar uzun yürüme cihazı ve uygun el destekleri ile kısa süreli ambule olabilirler. Kuadriseps kasının kuvveti tam olan hastalar ise kısa yürüme cihazı ve el desteği ile toplumsal ambule olabilirler. Lezyon daha da distalde ise ve kas gücü kaybı azsa hastalarda ortez gereksinimi olmaz. Hastalar ambulasyon eğitimi sonrasında merdiven ve rampa inip çıkma çalışırlar. Ambulasyonda hedef hastanın en güvenli ve en az enerji sarfıyatı ile transferlerini sağlamasıdır. Teknolojinin gelişmesi ile son zamanlarda fonksiyonel elektrik stimülasyonu ile kombine hibrid cihazlar, bireysel robotik yürüme cihazları geliştirilmektedir (55).

### **2.1.13.1. Elektrik stimülasyonu (ES)**

ES'in kas atrofisini önlediği, kas hacmini artırıp kas fonksiyonlarını iyileştirdiğine dair çalışmalar mevcut olmasına rağmen omurilik yaralanması üzerine etkisi tartışmalıdır (56). Kasın kasılması ve eklem pozisyonu hakkında hastaya geri bildirim sağladığı için tedavi sürecinde katkısı vardır. Yapılan çalışmalara göre SKY'li hastalarda abdominal kaslara yapılan ES'nin solunum üzerine olumlu etkileri saptanmış, kronik omurilik yaralanmalı hastalarda uygulanan ES'nin lezyon seviyesinin altında kemik mineral yoğunluğunu arttırdığı bulunmuştur (57). Fonksiyonel elektrik stimülasyonu (FES) omurilik yaralanmalı SKY'li hastalarda fonksiyonel iyileşmeye katkı sağlar. FES elektrotları yüzeysel, perkütan veya implante edilerek kullanılabilir. FES'in daha etkin olabilmesi için hastada 2. motor nöron lezyonu olmaması gerekir. Omurilik yaralanmasında FES el kavramasına, ambulasyona, mesane barsak kontrolüne, bası yarası iyileşmesine ve kardiyopulmoner sisteme destek olmak için kullanılabilir (58).

### **2.1.13.2. İş uğraşı terapisi**

İş uğraşı terapisi, SKY sonrasında hastanın devam eden hayatının üretken ve sosyal geçmesi için çözümler sunan bir rehabilitasyon alanıdır. İş uğraşı terapisi hastanın lezyon seviyesine, sosyal ve kültürel ihtiyaçlarına ve eğitim seviyesine göre planlanmalıdır. Hastanın günlük yaşam aktivitelerinin temeli olan beslenmeye, banyo yapmaya, giyinmeye, transferlere, mesane-barsak bakımına ve ambulasyona yönelik fonksiyonel terapiler yapılmaktadır. Temel ihtiyaçlar sağlandıktan sonra, araba sürme, mesleki beceriler ve hobiler gibi aktivitelere yönelik çalışmalar yapılabilir. İş uğraşı terapisi bireysel terapi veya grup terapisi şeklinde olabilir. Bireysel terapi kişinin ihtiyaçlarına göre kişiye özgü planlanır. Grup tedavisi ise hastaları sosyalleştirir ve diğer hastalardan destek alarak tedaviye katılımın artmasını sağlar (59).

## **2.2. ROBOTİK REHABİLİTASYON**

SKY sonrası kısmi ya da tamamen hasarlanmış motor nöron, ara nöron ve proprioseptif nöronlarda önemli değişiklikler meydana gelmektedir. İyileşme süreci hasar yeri ve ciddiyetine göre değişiklik göstermektedir. İyileşme mekanizmaları tam olarak ortaya çıkarılmış olmasa da sinaptik plastisite, aksonal ve/veya dentritik

filizlenme, fizyolojik nöronal aktivitede artma, uzun süreli potansiyelizasyon, uzun süreli nöronal depresyon ve denervasyon aşırı duyarlılığı rejeneratif süreçte etkin rol oynayan mekanizmalardır (60).

OY'li hastada üst ekstremitenin fonksiyonel kullanımı ve bağımsız ambulasyonu sağlamaya çalışırken kullanılan tekrarlayıcı ve progresif rehabilitatif stratejilerin çoğu lokomotor belleğin oluşumuna yardımcı olmaya, görev spesifik tanımlardaki bağlantı kopukluğunu engellemeye, santral patern jeneratör aktivitesini düzenlemeye ve uygun proprioseptif girdileri artırmaya yöneliktir (61).

Yeni tedavi yöntemleri beklentisi içerisinde olan SKY'li hastalarda teknolojinin güncel esaslarına dayalı rehabilitasyon stratejileri büyük bir umut kaynağıdır. Rehabilitasyon için geliştirilen robotik sistemler göreve spesifik, çok fonksiyonlu, programlı, diğer cihazlara göre birtakım farklılıkları olan cihazlardır. (62).

### **2.2.1. Robotik Sistemler**

Robotik sistemler; günlük yaşam aktivitelerinde yardımcı robotlar, hareket desteği robotları, bilişsel robotlar, terapötik egzersiz robotları olarak dört gruba ayrılabilir. Terapötik egzersiz robotları üst ve alt ekstremitte için sabit egzersiz robotları, vücuda giyilebilen robotlar (robotik ortezler) olarak sınıflandırılabilir. Aynı zamanda robot destekli tedaviye sanal gerçekliğin eklenmesi, beyin bilgisayar sistemleri ile eşleştirme, non invaziv beyin stimülasyonu ile birlikte kombine tedaviler de uygulanabilmektedir (63).

### **2.2.2. Günlük Yaşam Aktivitelerinde Yardımcı Robotlar**

Günlük yaşam desteği sağlayan robotlar günlük yaşam aktivitelerinde hastanın bağımsızlığını arttırmaya yönelik olan sistemlerdir. Bunlara örnek olarak ses sistemleri ile çalışan yemek yeme, banyo yapma, diş fırçalama gibi günlük yaşam aktivitelerini bağımsız olarak yapabilmelerine yardımcı, hastanın yaşadığı çevrede bulunan eşyaları kullanmasını sağlayan sistemler verilebilir (63).

### **2.2.3. Hareket Desteği Robotları**

Ekstremitte protezleri ve akıllı oturma sandalyeleri gibi hareket desteği sağlayan robotlar rehabilitasyon hastalarının yaşadıkları çevrede rahatça mobilize olmalarını sağlarlar (63).

### **2.2.4. Bilişsel Robotlar**

Hastaların dūřünme sūreci ve iletiřimdeki becerilerini artırmak için konuřma, dokunma ve mimikler yoluyla iletiřim kurmaya yōnelik sistemlerdir (63).

### **2.2.5. Terapōtik Egzersiz Robotları**

Terapōtik egzersiz robotları tasarım yōntemine gōre end-effektōr robotlar ve egzoiskelet robotlar olmak ūzere iki grupta incelenebilir (63).

### **2.2.6. End-Effektōr Robotlar**

Bu tip robotik sistemler ekstremitte distal kısmına kuvvet uygulama prensibiyle çalıřır. Kinetik zincirin son halkaları olan el veya ayaktan alırlar. Burada proksimal eklemlerin serbest ve aktif katılımı gerekmektedir. Ekstremitte proksimallerinin kontrolū yetersiz olabileceđinden anormal postūr ve hareketlerin meydana gelmesine neden olabilirler (64).

### **2.2.7. Egzoiskelet Robotlar**

Bu tip robotik cihazlar, hastanın anatomik eksenleriyle aynı řekilde dūzenlenmiř anatomik eksenlere sahiptir. Bu sayede çalıřılacak eklemlerin dođrudan kontrolūnū sađlarlar. Sabit veya hareketli olabilirler. Anormal postūr ve hareketlerin ortaya çıkma ihtimali daha azdır. U effektōr tipte robotlara gōre daha pahalı olup dizaynları daha karmařıktır (64).

Tasarlanan mekanik sistemlerin hareketliliğini sağlamak için pnōmatik, elastik, hidrolik ve elektriksel stimūlasyon sistemleri kullanılabilir. Bu sistemler pasif, aktif ve interaktif olarak rehabilitasyon amacıyla kullanılabilir. Pasif sistemlerde hareket tamamıyla robot tarafından yaptırılır. Aktif sistemler, hastanın ekstremitelerini aktif olarak kullanabilmesi için ilave parçalar içermektedir. İnteraktif sistemlerde

hasta-cihaz etkileşimini algılayabilen pozisyon ve kuvvet sensörleri yer almaktadır (65).

### **2.2.8. Sabit Üst Ekstremitte Egzoiskeletleri**

Bu sistemlerde hızlı ve kolay pozisyonlama ile hastaların eklem hareket açıklıkları ölçülüp tekrarlı egzersizler yapılabilir. Hasta tarafından yönetilen egzersizler, konsantrasyon ve koordinasyonu artırarak hastayı motive etmektedir (64).

### **2.2.9. Sabit Alt Ekstremitte Egzoiskeletleri**

Resiprokal şekilde fizyolojik yürümeye en benzeyen egzersizlerin uygulanmasına olanak sağlayan robotik sistemlerdir. Çift ayakla yürümeyi sağlayarak lokomotor belleğin oluşumuna katkıda bulunurlar. UoA PMA Bot koşu bandı destekli, Arthur, PamPogo, Alex ve Lokomat sabit alt ekstremitte egzoiskeletleridir (66).

Ülkemizde üretilmiş olan RoboGait robotu da sabit bir alt ekstremitte egzoiskelet robotudur. Yeni geliştirilen cihazlarda ortezlere lateral translasyon, transvers rotasyon ve kalça adduksiyon–abduksiyon ilavesiyle daha fizyolojik yürüme sağlanmaya çalışılmaktadır. (64).

### **2.2.10. Yürüme Robotu (Lokomat®)**

SKY sonrası yürüme rehabilitasyonu için kullanılan Lokomat'ın, alt ekstremitte iskelet sistemi, vücut ağırlığını destekleyen ortezi ve koşu bandı aparatları mevcuttur. Yürüyüş ortezi ile kalça ve diz eklemlerinin hareketleri bilgisayar sistemlerine aktarılır. Lokomatın pasif kontrolü bulunup sabit değerde önceden belirlenmiş kalça ve dizin sagittal plandaki eklem hareketlerine göre tekrarlayan hareketler yaptırılmaktadır (67).

Uygun yürüme paternini sağlayabilmek için koşu bandı yürüme hızı, vücut ağırlık desteği ve robotik ortezin kılavuzluk miktarı hastaya göre ayarlanmalıdır. Hastanın basitçe yürüyebildiği hızla başlanmalı, toleransa göre hız artırılmalıdır. Robotik ortezin kılavuzluk miktarı başlangıçta maksimum olarak başlanıp fizyolojik yürüyüşe yakın olması için %30-50 arasında azaltılabilir. Hastanın düzgün basma ve



salınım fazlarını sağladığı vücut ağırlık desteği uygulanmalıdır. Gövde ağırlık desteği azaldıkça daha fizyolojik yürüme sağlanmaktadır (64).

### **2.3. TRANSKRANİYAL MANYETİK STİMÜLASYON (TMS)**

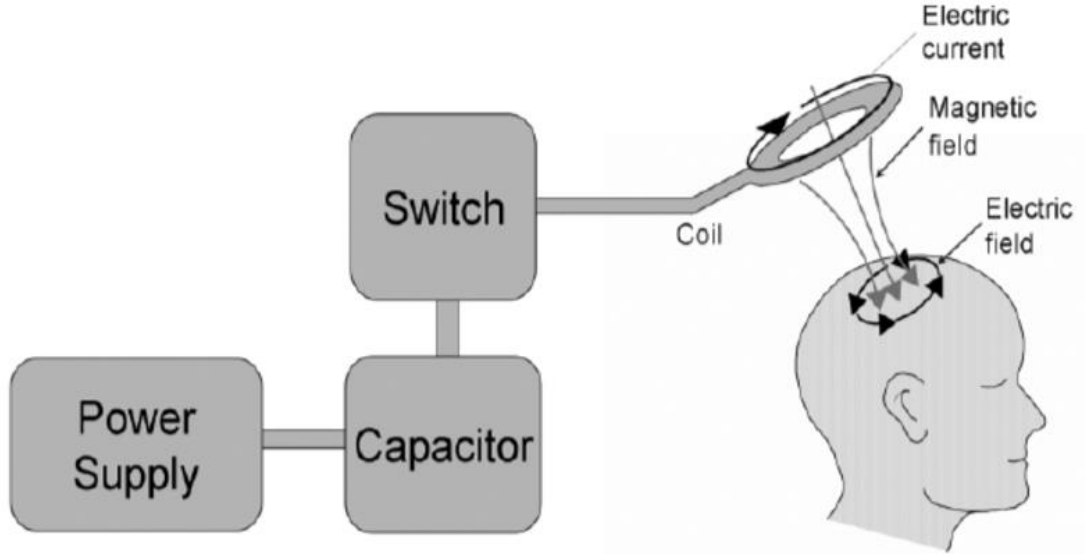
Son zamanlarda popüler hale gelen non invaziv beyin stimülasyonu yöntemlerinden biri olan transkraniyal manyetik stimülasyon ile ilgili çalışmalar ilk olarak Sheffield Üniversitesi'nde Barker ve ark. tarafından 1985 yılında yapılmıştır. TMS'nin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır (68).

#### **2.3.1. Transkraniyal Manyetik Stimülasyonun Temel İlkeleri**

TMS'nin temel prensipleri 1831'de Michael Faraday tarafından ortaya konulan elektromanyetik indüksiyon ilkesine dayanarak oluşturulmuştur. Bu prensibe göre bir bobinden geçirilen elektrik akımı, bu düzleme dik bir manyetik alan oluşturmaktadır (69).

TMS uygulamalarında kafa derisi üzerine yerleştirilen koilden uygun güçte bir elektrik akımı geçirilir. Elektrik akımı geçtiğinde koile dik açılı manyetik alan oluşur. Bu oluşan manyetik alan deri, skalp ve kafatası dokusunun elektriksel direncinden etkilenmeden geçer ve elektromanyetik indüksiyon ilkesine göre kortekste ikincil bir elektrik akımı oluşturur (70).

Ortaya çıkan bu elektrik akımı koile paralel ancak koildeki akıma ters yöndedir (Şekil 2.2). Bu akım nöronlarda voltaj duyarlı kalsiyum kanallarını etkileyerek hücre zarında iyon dengesinin değişmesine yol açar. Böylece hücrede membran depolarizasyonu ve nöral aktivasyon oluşur (71).



**Şekil 2.2.** TMS'nin Etki Mekanizması

Motor korteks üzerine uygulanan TMS ile periferden kas hareketi gözlenebilmekte ve motor uyandırılmış potansiyeller (MUP) elde edilebilmektedir (70).

TMS uygulamalarında koilden geçen elektrik akımının şiddeti ve yoğunluğu değiştirilebilir. Stimülasyonda kullanılan koilin şekline göre uygulanan manyetik alanın odağı değiştirilebilir. Uyarılmak istenen korteks bölgesi ve uyarımın sıklığı uygulamayı yapan kişi tarafından ayarlanır (72).

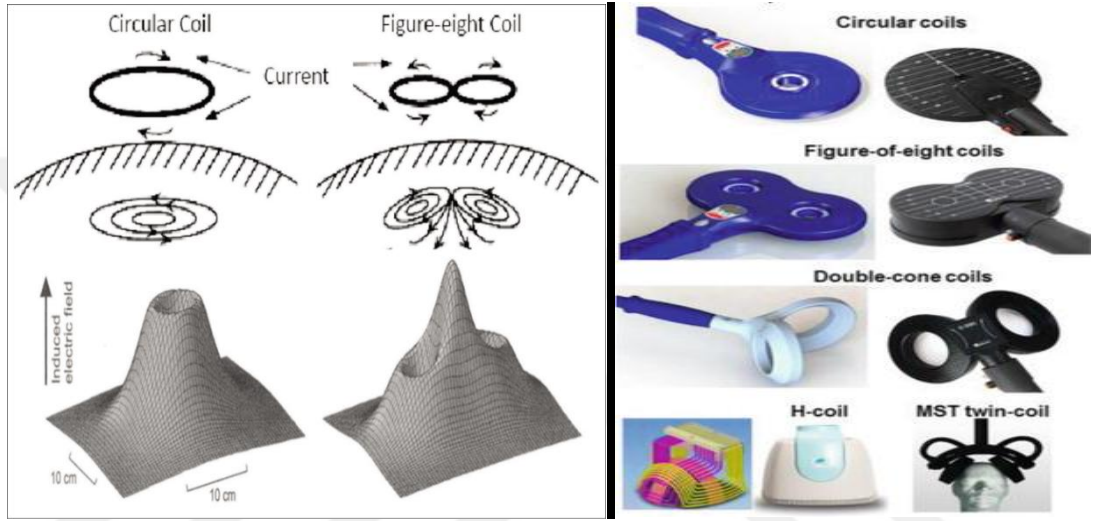
### 2.3.2. TMS Cihazı ve Koil Tipleri

TMS cihazı, uygulanan stimülasyonun frekans, şiddet gibi değerlerinin ayarlanabildiği ana ünite ve manyetik akımın kortekse iletiildiği koilden oluşmaktadır. Ana ünite kullanılarak iletilen elektrik akımının şiddeti ayarlanarak ikincil olarak oluşan manyetik alanın büyüklüğü ayarlanabilir. Koilin çeşidine göre ise oluşturulan manyetik alanın yayılımı değişmektedir (73).

Transkraniyal manyetik stimülasyon uygulamalarında en çok 8 şekilli (kelebek) koil ve sirküler koil kullanılmaktadır (72). Sirküler koil uygulamalarında, koil halkasının hemen altında manyetik alan oluşurken, merkezde manyetik alan meydana gelmez. Genellikle santral motor ileti zamanı ölçümlerinde kullanılır (74).

8 şekilli koil ise iki sirküler koilin birleştirilmesi ile oluşur ve böylece iki halkanın birleşimi olan bölgede daha güçlü bir manyetik alan meydana gelir. 8 şekilli koiller ile ayrıntılı korteks haritalandırması ve daha fokal stimülasyonlar sağlanabilir (Şekil 2.3).

Bu iki koil haricinde daha az kullanılan H koil ve çift koni koil (double cone coil) tipleri de mevcuttur. Bunlar derin korteks bölgelerinin stimülasyonu için kullanılır (75).

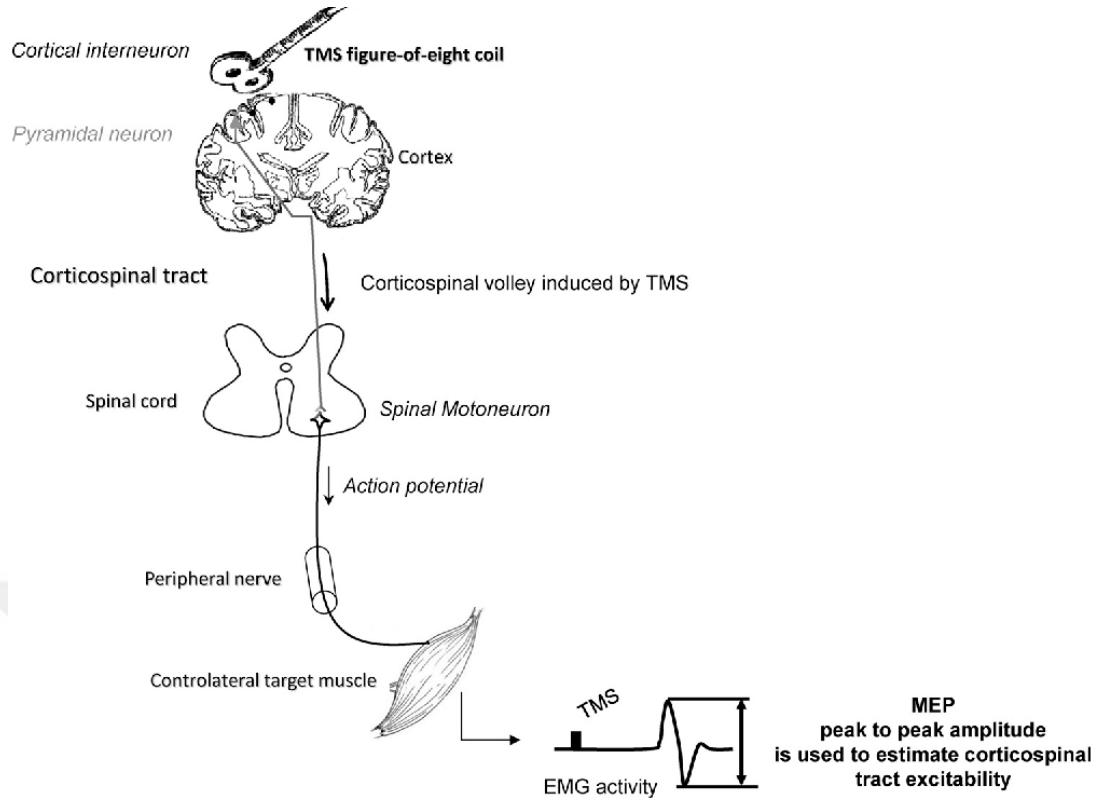


Şekil 2.3. Koil Çeşitleri

Transkraniyal manyetik stimülasyon araştırmalarında plasebo gruplarda kullanılmak üzere ‘sham koil’ adı verilen, dış görünüş olarak aktif koil ile tamamen benzeyen ve aynı sesleri üreten koiller tasarlanmıştır. Bu koillerin içinden uygulama esnasında çok az miktarda akım geçer, nöronal yapılar uyarılamaz fakat cilt yapıları ve etraf kas dokusu uyarılır ( 7 6 ) .

### 2.3.3. Motor Uyandırılmış Potansiyel (MUP)

TMS ile motor kortekse uygun ve yeterli stimülasyon uygulandığında kontralateral taraf kaslarından MUP ölçümü kaydedilebilir (Şekil 2.4) Kortikospinal traktta hasar meydana geldiğinde hastada patolojik MUP’ler oluşabilmektedir (72).



**Şekil 2.4. MUP Ölçümü**

Motor eşik değeri, tek atım TMS uygulaması sonrası hedef perifer kasta MUP ortaya çıkması için gerekli olan en düşük stimülasyon şiddetidir. İstirahat motor eşik değeri, istirahat esnasında ardışık verilen 10 uyarının en az yarısında 50  $\mu$ V üstü amplitüdü MUP elde edilen stimülasyon şiddeti olarak tanımlanmıştır (77).

Aktif motor eşik, kasın gerçekleştirebileceği maksimum kasılmanın %10-20'si kadar yapılan kontraksiyon sırasında, art arda verilen 10 uyarının en az yarısında 200  $\mu$ V üzeri amplitüdü MUP elde edilen stimülasyon şiddeti olarak tanımlanmıştır (78).

### 2.3.4. TMS'nin Nöromodülasyon Etkisi

TMS'nin nöromodülasyon etkileri, nöroplastisitenin temelini oluşturan sinaptik bağlantılarda oluşan değişimler ile oluşmaktadır. Sinaptik aktivitedeki artma uzun süreli potansiyelizasyon (LTP), azalma uzun süreli depresyon (LTD) olarak tanımlanmaktadır (79).

Hasara uğramış sinir dokusunun reorganizasyonu, sinaptik seviyede LTD ve LTP değişimi, aksonal filizlenme ve rejenerasyon, ileti bloğunun ortadan kalkması ve

yeniden miyelinizasyon ile sağlanır. Yüksek frekans uygulanan TMS LTP'yi, düşük frekans TMS uygulamaları ise LTD'yi indüklemektedir (79).

TMS uygulamaları LTP ve LTD aracılığı nöronal plastisiteyi uyarmakla birlikte uzun süreli reorganizasyonu tek başına sağlayamayabilir. Bu sebeple, TMS ile beraber nöroplastisiteyi destekleyen konvansiyonel rehabilitasyon yöntemlerinin uygulanabileceği düşünülmektedir (80).

Konvansiyonel rehabilitasyon uygulamaları ile kombine edilen transkraniyal manyetik stimülasyon gibi noninvaziv beyin stimülasyonu yöntemleri kortikospinal traktta hasarı olan SKY'li hastalarda nöromodülasyonu kolaylaştırmak için kullanılabilir. TMS motor alanların kortikal uyarılabilirliğini sağlayabilirken aynı zamanda inen kortikospinal yolda değişikliklere neden olabilir (81).

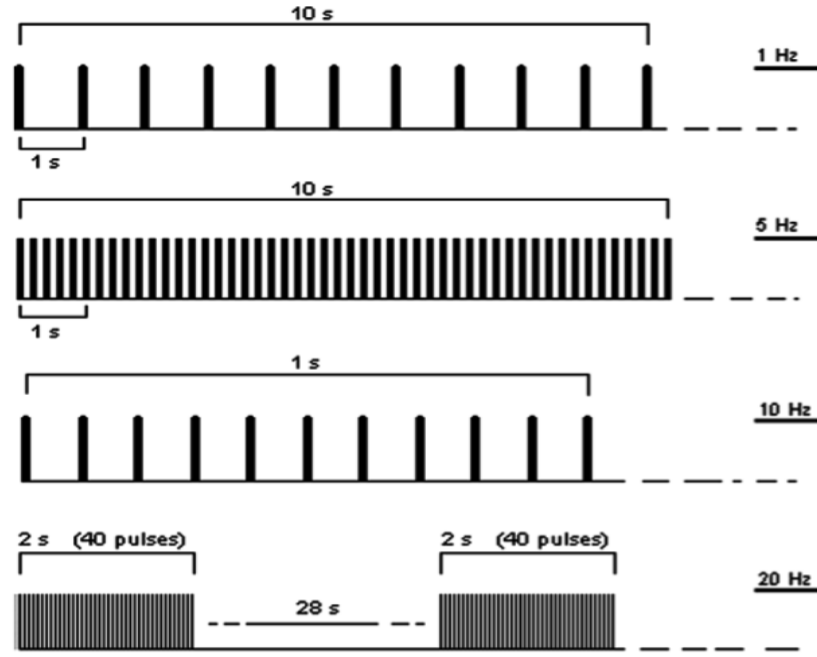
### **2.3.5. Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon( rTMS)**

Repetitif transkraniyal manyetik stimülasyon, hedef bölgede ve çeşitli bağlantılar sayesinde hedef dışındaki korteks bölgelerinde nöronal aktivitelerde ve sinaptik plastistede nöromodülasyon sağlayan bir TMS uygulamasıdır (68).

rTMS'nin etkinliğini temel olarak uyarının frekansı, yoğunluğu ve sekansın süresi belirler. Stimülasyon frekansı, saniyede uygulanan stimülasyon sayısı anlamına gelir ve birimi Hertz (Hz)'tir (82).

rTMS uygulamaları frekansına göre , düşük frekanslı ( $\leq 1$  Hz) ve yüksek frekanslı ( $>1$  Hz) olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.5.).

Uyarının frekansına göre nöronal aktivitede artış veya azalma meydana gelmektedir. Düşük frekansta uygulanan rTMS stimülasyon uygulanan motor alanın uyarılabilirliğinde azalmaya, yüksek frekanslı rTMS ise uyarılan bölgenin uyarılabilirliğinde artmaya yol açmaktadır (82).

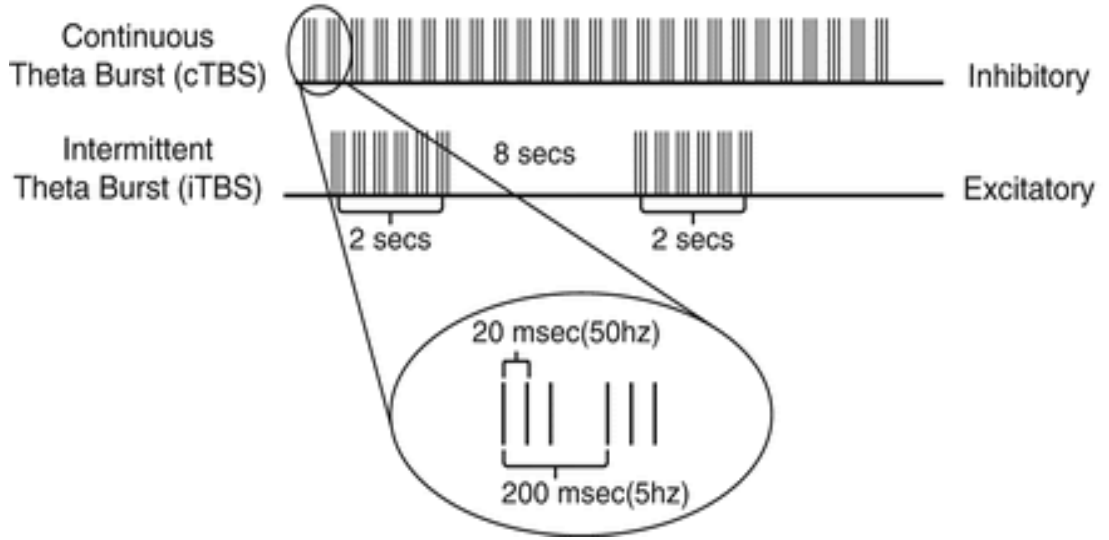


Şekil 2.5. rTMS uygulama çeşitleri

### 2.3.6. Teta Burst Stimülasyon

Teta burst stimülasyon (TBS), özel bir paternde stimülasyon dizilerinden oluşan yeni bir rTMS uygulamasıdır. Hayvan modellerinde çalışılan tetanik uyarım taklit edilmiş olup kortikal nöromodülasyon ve kortekste sinaptik plastisite amacıyla geliştirilmiştir. 50 Hz'lik 3 adet burst stimülasyonun her 200 milisaniyede bir tekrar etmesiyle uygulanır. TBS farklı patternlerde uygulanarak farklı etkiler oluşturmaktadır. Aralıklı TBS (iTBS), her 10 sn'de bir 2 sn lik seriler şeklinde uygulanıp, motor kortekste eksitator etki yapar. Sürekli TBS (cTBS) ise 40 saniye süresince devamlı uygulanır ve kortekste inhibitör etkisinin olduğu gösterilmiştir (83) (Şekil 2.6).

TBS uygulamalarının en büyük avantajı rTMS'ye göre daha kısa sürede daha fazla atım sayısına ulaşılabilmesidir. TBS' de atımlardaki stimülasyon yoğunluğu düşük olup kortikal eksitabilitede meydana gelen değişikliklerin rTMS uygulamalarına göre daha uzun süreli olabileceği gösterilmiştir (84).



**Şekil 2.6.** Teta Burst stimülasyon uygulama çeşitleri

### 2.3.7. TMS Klinik Kullanım Alanları

TMS uygulamaları ile korteksin farklı bölgelerinin uyarılabilirliği, kortikospinal yolların iletimi, sinir lifleri ve periferik motor yolların işlevi ile ilgili bilgiler elde edilebilir. Tek atım (single-pulse) veya çift atım (paired-pulse) TMS ile yapılan uyarımlarla diagnostik amaçlı MUP, motor eşik, kortikal sessiz periyot, santral motor ileti zamanı, intrakortikal inhibisyon ve intrakortikal fasilitasyon gibi ölçümler elde edilebilir (85).

SKY ve inme sonrası fonksiyonel iyileşme, spastisite, nöropatik ağrı ve nöropsikiyatrik hastalıklarda TMS tedavi amaçlı kullanılmak üzere araştırılmaktadır (86).

TMS ile ilgili yapılan araştırmalar sonrası birkaç hastalıkta yeterli kanıt ulaşılmış ve belirli protokoller oluşturulmuştur. TMS'nin etkin olarak gösterildiği (level A) endikasyonlar majör depresif bozuklukta sol dorsolateral prefrontal kortekse uygulanan yüksek frekans rTMS, nöropatik ağrıda kontralateral M1 alanına uygulanan yüksek frekanslı rTMS ve inme sonrası subakut evrede el motor iyileşmesinde kontralezyonel M1 alanına düşük frekanslı rTMS olarak sıralanabilir (87).

### 2.3.8. TMS Uygulamalarında Güvenlik

TMS invaziv olmaması ve iyi tolere edilebilir olması nedeniyle güvenli kabul edilen bir tedavidir. TMS tedavisinde en sık görülen yan etkiler bölgesel ağrılar,

rahatsızlık - sersemlik hissi ve baş ağrısıdır. Ağrı subjektif bir yakınma olup ağrı eşiği, uyarı parametreleri vb parametreler ağrı şiddetini etkileyebilir. Yapılan bir meta analizde TMS uygulamalarında %39 oranında uygulama bölgesinde ağrı ve rahatsızlık hissi, %28 oranında baş ağrısı bildirilmiştir. Bu semptomlar taklit uygulama ile %15 ve %16 oranında bulunmuştur. Nöbet en ciddi ve korkulan yan etki olup nadir görülmektedir. Bulantı, yorgunluk, baş dönmesi de yine nadir olmakla beraber yan etkiler arasında gösterilmektedir (88).

TMS bobinle yakın temas halinde olan metalik materyal (koklear implantlar, ilaç pompaları vb.) varlığında uygulanmamalıdır. Epilepsi öyküsü, akut dönem serebral vasküler olay, alkol bağımlılığı, beynin vasküler, travmatik, tümöral, enfeksiyöz veya metabolik lezyonları gibi nöbet riskini artırabilen durumlar; gebelik, kardiyak pacemaker varlığı ise kısmi kontr endike kabul edilir (88).

#### **2.4. TRANSKRANİYAL DOĞRU AKIM STİMÜLASYON (tDCS)**

Transkraniyal doğru akım stimülasyon tedavisi, skalp üzerine yerleştirilen elektrotlar ile zayıf ve devamlı elektrik akımı verilerek nörostimülasyon sağlayan bir non invaziv beyin stimülasyon yöntemidir. TMS, voltaj kapılı kalsiyum kanallarını aktive ederek depolarizasyon ve aksiyon potansiyeli oluştururken, tDCS glutamin ve gama-aminobütirik asit (GABA) salınımlarına etki ederek nöromodülasyon sağlar (89).

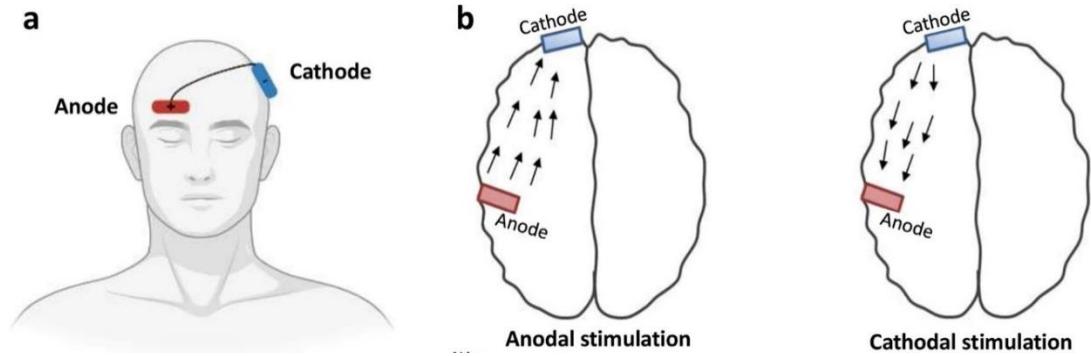
tDCS tedavisi TMS'ye göre daha ucuz ve kolay bir yöntemdir. Ayrıca, tDCS ile eş zamanlı olarak robotik rehabilitasyon yutma ve konuşma terapisi gibi tedaviler uygulanabilmektedir (90).

##### **2.4.1. Anodal ve Katodal tDCS**

tDCS, kafa derisi üzerine konulan elektrotlar aracılığıyla korteksten zayıf polarize elektrik akımı geçirilerek uygulanır. Verilen akım çoğunlukla 1-2 miliamper (mA) gücünde olup uygulama yaklaşık 20-30 dakika sürer. Bu akım dokuya anot elektrot aracılığıyla iletilir ve yönü katot elektrota doğrudur. Kortekste uyarılması istenen bölge belirlenip o alana anot ya da katot elektrotun bağlanmasına göre tDCS uygulamaları 'anodal' veya 'katodal' olarak ikiye ayrılmaktadır. Anodal stimülasyonda, anot elektrotu uyarılacak kortikal hedef bölge üzerine, katot elektrotu



ise kontralateral supraorbital bölge üzerine yerleştirilir. Katodal stimülasyonda ise bunun tam tersi yapılır. (Şekil 2.7) (89).



**Şekil 2.7.** Elektrotların yerleşimi ve elektrik akımının yönü

Anodal tDCS uygulamasında hedef kortikal bölgenin uyarılabilirliğinde artış meydana gelirken, katodal tDCS uygulamaları uyarılabilirlikte azalma oluşturur (90).

#### **2.4.2. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyon Etki Mekanizması**

tDCS, glutamin ve gama-aminobütirik asit (GABA) salınımlarına etki ederek nöromodülasyon sağlamaktadır (89).

Anodal tDCS ile nöronların istirahat membran potansiyelleri değişerek depolarizasyon oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak kortikal uyarılabilirlikte artış görülmektedir. Ayrıca anodal tDCS uygulaması ile azalan GABAerjik inhibisyon ve sonrası oluşan N-metil D-aspartik asit (NMDA) reseptör bağımlılığı ve katodal tDCS uygulaması sonrası glutaminerjik salınım ile inhibe edici etkilerin ortaya çıktığı gösterilmiştir (91).

Katodal tDCS, stimülasyon sonrası glutamaterjik sinapsların modülasyonunu etkilemektedir. Katodal tDCS ile uyarılmış bölgede yapılan incelemede GABA konsantrasyonunda azalma görülmüştür (92).

#### **2.4.3. Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyon Klinik Uygulamaları**

Psikiyatrik ve nörolojik hastalıklarda tDCS uygulamaları terapötik ve diagnostik olarak kullanılabilir. Lefaucheur ve ark.'nın 2017 yılında çok sayıda çalışmanın incelenmesi sonucu yayınladığı kılavuzda tDCS protokollerinin etkili (level A), muhtemel etkili (level B) ve olası etkili (level C) olduğu endikasyonlar

belirlenmiştir. Bu göre level A etkinlik gösteren herhangi bir klinik endikasyon gösterilememiştir. Muhtemel (level B) etkinlik olan endikasyonlar; fibromiyaljide sol primer motor kortekse (M1) (Uluslararası 10/20 Elektroensefalogram Sisteminde gelen C3 alanına) anodal tDCS, major depresyonda sol dorsolateral prefrontal kortekse (F3) anodal tDCS, bağımlılık tedavisinde sağ dorsolateral prefrontal kortekse anodal tDCS, sol dorsolateral prefrontal kortekse katodal tDCS uygulamaları olarak belirtilmiştir. Olası (level C) etkinlik olan endikasyon ise spinal kord hasarında alt ekstremitelerde kronik nöropatik ağrısında sol M1 alanına anodal tDCS olarak belirlenmiştir (93).

#### **2.4.4. tDCS’de Güvenlik ve Yan Etki**

tDCS, yan etkisi oldukça az, kullanımı kolay ve ucuz bir non invaziv beyin stimülasyon tekniğidir. tDCS ile ilgili yapılan araştırmalarda, çoğunlukla uygulama bölgesinde ağrı, karıncalanma, bulantı ve halsizlik gibi yan etkiler bildirilmiştir (91).

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu araştırma randomize, çift kör, taklit kontrollü prospektif bir çalışmadır. Araştırmaya Mart 2021-Mart 2023 tarihleri arasında Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi'ne başvurup SKY tanısı ile alt ekstremitte robotik rehabilitasyon programı planlanan hastalardan dahil edilme kriterlerini karşılayan 40 hasta alındı.

Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Etik Kurulu'nun 27 Ocak 2021 gün ve E2-21- 66 numaralı onayı (Ek-1) ile araştırmaya başlandı. Çalışmaya dâhil edilen tüm hastalardan bilgilendirilmiş gönüllü onam formu alındı (Ek-2).

Çalışmanın tasarımı EQUATOR (Enhancing the Quality and Transparency of Research) Network internet sayfasındaki deneysel çalışmalarda, plasebo ve taklit kontrollerin belirlendiği kılavuza uygundu (94).

#### 3.1. ARAŞTIRMAYA DAHİL EDİLME KRİTERLERİ

1. Travmatik SKY olması
2. SKY'den sonra 6 ay ile 2 yıl arası geçmiş olması
3. 18-65 yaş arası olması
4. Motor inkomplet servikal veya torakal SKY olması
5. Alt ekstremitede spastisitenin modifiye ashworth skalasına göre  $\leq 2$  olması
6. Çalışmaya katılmadan önce bilgilendirilmiş gönüllü onam formunu imzalaması

#### 3.2. ARAŞTIRMADAN DIŞLAMA KRİTERLERİ

1. Yürümeye engel olacak başka kas-iskelet sistemi veya nörolojik hastalık varlığı
2. Epilepsi öyküsü varlığı
3. Geçirilmiş beyin cerrahisi öyküsü
4. Kalp pili varlığı

5. Gebelik varlığı
6. Beyinde veya kafatasında metalik implant varlığı (kohlear implant dâhil)
7. SKY dışında ek nöropsikiyatrik hastalık bulunması
8. Son 6 ay içinde robotik rehabilitasyon veya NIBS tedavilerini almış olması

### **3.3. TEDAVİ ÖNCESİ DEĞERLENDİRME**

İlk değerlendirmede hastalar yaş, cinsiyet, meslek, olay tarihi, SKY nedeni, yaralanma sonrası geçen süre, fonksiyonel durum, komorbid hastalıklar ve kullanılan ilaçlar açısından sorgulandı ve bilgiler hasta takip formuna kaydedildi (Ek-3).

Hastaların tedavi öncesi ASIA bozukluk skalası kullanılarak motor ve duyuşal skor ile nörolojik seviyeleri tespit edildi (Tablo 3.1) (95).

**Tablo 3.1. ASIA Bozukluk (ABS) Skalası**

Hasta Adı : \_\_\_\_\_ Tarih/Muayene saati \_\_\_\_\_  
 Doktor Adı : \_\_\_\_\_

**ASIA** AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION

**OMURİLİK YARALANMASI NÖROLOJİK SINIFLAMASI İÇİN ULUSLARARASI STANDARTLAR**

**MOTOR ANAHTAR KASLAR** (herbirine ayrı bölge)

R	L	
C5		Dirsek fleksörleri
C6		El bilek ekstansörleri
C7		Dirsek ekstansörleri
C8		Parmak fleksörleri (orta parmak distal falanks)
T1		Parmak abduktörleri (küçük parmak)

ÜST EKSTREMİTE TOPLAM (MAKSİMUM)  +  =  (25) (25) (50)

**Notlar:**

L2		Kalça fleksörleri
L3		Diz ekstansörleri
L4		Ayak bilek dorsalfleksörleri
L5		Başparmak uzun ekstansörleri
S1		Ayak bilek plantar fleksörleri

(IAK) İstemi anal kasıma (Evet/hayır)

ALT EKSTREMİTE TOPLAM (MAKSİMUM)  +  =  (25) (25) (50)

**ISCOS DUYUSAL ANAHTAR DUYUSAL NOKTALAR**

0 = yok  
1 = incelmeye  
2 = normal  
TE = Test edilmeyen

**ANAHTAR DUYUSAL NOKTALAR**

C2 C3 C4 C5 C6 C7 C8 C9 T1 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 L1 L2 L3 L4 L5 S1 S2 S3 S4-5

(DAB) Derin anal basıncı (evet/hayır)

İĞNE BATIRMA SKORU (maks: 112)

HAFIF DOKUNMA SKORU (maks: 112)

TOPLAM (MAKSİMUM)  +  =  (56) (56) (56)

**NÖROLOJİK SEVİYE** Normal fonksiyonu en alt segment

**DUYUSAL MOTOR**

**TEK NÖROLOJİK SEVİYE**

**KOMPLET VEYA İNKOMPLET?** (maks: 1-4.5'te motor veya duyu fonksiyon)

**ASIA BOZUKLUK SKALASI (ABS)**

**KSMİ KORUNMA ALANI** (maks: 1-4.5'te motor veya duyu fonksiyon)

**DUYUSAL MOTOR**

Bu form evreler için farklı Amerikan Spinal İnceliş Derneği'nin izin alınmadan kullanılmamalıdır.

**Kas Fonksiyonu Derecelendirilmesi**

- 0** = tam felç
- 1** = palpe edilebilen veya görülebilen kasılma
- 2** = aktif hareket, yerçekimi elimine edildiğinde tam eklem hareket açıklığı (EHA)
- 3** = aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA
- 4** = aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA ve kasa özel bir pozisyonda orta derecede direnç
- 5** = (normal) aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA ve kasa özel bir pozisyonda sağlıklı bir insandan beklenecek tam direnç
- 5\*** = (normal) aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA ve belirlenen inhibe edici faktörler (ağrı, kullanmama) olmasa normal olarak değerlendirilecek yeterli direnç
- TE** = test edilemeyen (örn. immobilizasyon, hastanın derecelenmesini engelleyecek şiddetle ağrı, ekstremité amputasyonu veya eklem hareket açıklığının >%50 kontraktürü nedeniyle)

**ASIA Bozukluk (ABS) Skalası**

- A = Komplet.** S4-S5 sakral segmentlerde korunmuş duyu ve motor fonksiyon yok.
- B = Duyusal İnkompert.** Nörolojik seviye altında motor değil, duyu fonksiyon korunmuş ve S4-S5 sakral segmentleri de içerir (S4-S5'te hafif dokunma iğne duyası; veya derin anal basıncı DAB), VE vücut herhangi bir yarısından motor seviyenin üç seviyeden fazla altında motor fonksiyon korunmamıştır.
- C = Motor İnkompert.** Nörolojik seviye altında motor fonksiyon korunmamıştır\*\*, ve tek nörolojik yaralanma seviyesi (NYS) altındaki anahtar kasların yarısından fazlası 3'ten az (0-2 Derece) kas derecesine sahiptir.
- D = Motor İnkompert.** Nörolojik seviye altında motor fonksiyon korunmamıştır\*\*, ve NYS altında anahtar kas fonksiyonlarının en az yarısı (yarısı veya fazlası) ≥ 3 kas derecesine sahiptir.
- E = Normal.** ISNCSCI ile değerlendirilen duyu ve motor fonksiyon tüm segmentlerde normal olarak değerlendirildi ve hastada önceden defisit mevcut ise ABS derecesi E'dir. Başlangıçta OY olmayan kişi bir ABS derecesi almaz.
- \*\*Bir kişinin C veya D derecesi alması, yani motor inkompert olması için, ya (1) istemli anal sfinkter kasılması veya (2) vücut o tarafında motor seviyenin üç seviyeden fazla altında motor fonksiyon korunması ile birlikte sakral duyu koruma olmalıdır. Bu Standartlar bugün için motor inkompert durumun belirlenmesinde (ABS B veya C) motor seviyenin üç seviyeden fazla altında anahtar kas dışındaki kas fonksiyon kullanımına izin verir.

NOT: ABS B ve C arasında ayırım yapmak için seviye altında motor korunma derecesi değerlendirilmesinde her iki taraftaki motor seviye kullanılır; ABS C ve D ayırımında ise (güçlen derece 3 ve üzerinde olduğu anahtar motor fonksiyon oranına dayanarak) tek nörolojik seviye kullanılır.

**Sınıflandırma Basamakları**

OY'lı bireylerin sınıflamasını belirlemede aşağıdaki sıralama önerilmektedir.

- Sağ ve sol taraf için duyu seviyelerini belirle.
- Sağ ve sol taraf için motor seviyelerini belirle.  
Not: değerlendirilecek miyotom olmayan bölgelerde, diğer bu seviye üzerinde değerlendirilebilen motor fonksiyon da normal ise, motor seviye duyu seviye ile aynı kabul edilir.
- Tek nörolojik seviyesi belirle.  
Bu, her iki tarafta motor ve duyu fonksiyonunun normal olduğu en alt seviyedir ve 1. ve 2. basamaklarda saptanmış motor ve duyu seviyelerinin en üstü (başta doğru) olacaktır.
- Yaralanmanın Komplet veya İnkompert olduğunu belirle. (sakral korunması olması veya olmaması)  
Eğer istemli anal kontraksiyon = **Hayır** VE tüm S4-5 duyu puanları = 0 VE derin anal basıncı = **Hayır** ise, yaralanma **KOMPLET** tir. Bunun dışında yaralanma **inkomperttir**.
- ASIA Bozukluk Skalası (ABS) Derecesi:

**Yaralanma Komplet mi? EVET** ise, ABS=A ve KKA kaydedilebilir (her iki tarafta, biraz korunma olan en alt dermatom veya miyotom)

**HAYIR** Yaralanma motor inkompert mi?  
**EVET** ise, ABS=B (Evet-eğer hasta duyu fonksiyon sınıflamada ise istemli anal kontraksiyon VEYA belirlenmiş bir tarafta motor seviyenin üç seviye altında motor fonksiyon)

Tek nörolojik seviye altında anahtar kasların en az yarısı 3 derece ve üzerinde mi?

**HAYIR** ↓ ABS=C  
**EVET** ↓ ABS=D

Eğer tüm segmentlerde duyu ve motor fonksiyon normal ise, ABS=E

Not: ABS E OY'si belgeli bir birey normal fonksiyona iyileştiğinde kullanılır. Eğer ilk muayenede defisit bulunmazsa kişi nörolojik olarak sağlandı; ASIA Bozukluk Skalası uygulanmaz.

**3.4. TEDAVİ PROTOKOLÜ**

Araştırma randomize, çift kör, taklit stimülasyon kontrollü olarak planlanmıştır. Çalışmaya dâhil edilme kriterlerini karşılayan toplam 40 kronik

travmatik SKY hastası alınmış olup bu hastalar aktif rTMS, aktif tDCS grubu ya da taklit rTMS, taklit tDCS grubu olarak bilgisayar temelli hazırlanmış randomizasyon şemasına göre dört gruba ayrıldı.

rTMS için Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi Non-İnvaziv Beyin Stimülasyonu (NIBS) Laboratuvarı bünyesinde bulunan Magstim Rapid2 Magnetic Stimulator (Magstim, Whitland, Dyfed, UK) cihazına bağlı 8-şeklinde (kelebek) 70- mm koil kullanıldı (Şekil 3.1).

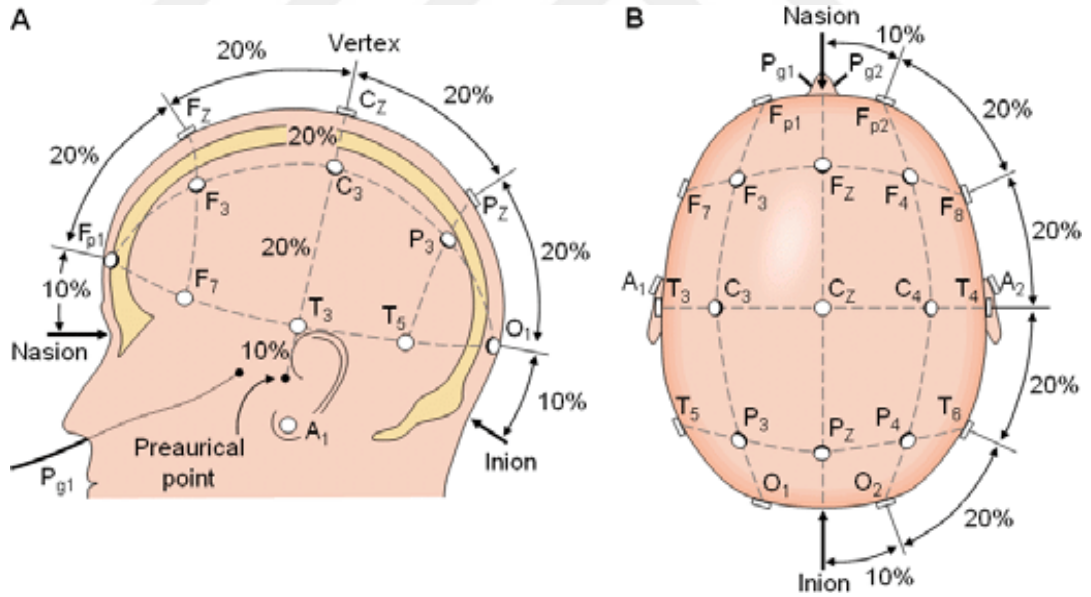


**Şekil 3.1.** Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi NIBS Laboratuvarında bulunan TMS cihazı

Aktif rTMS grubundaki hastalara uygulanacak rTMS stimülasyon şiddeti, dominant hemisfer üst ekstremité motor alanı (M1) uyarılarak kontralateral abduktör pollicis brevis kasından elde edilen istirahat MUP eşik değerinin %110'ı olacak şekilde ayarlandı. MUP eşik değeri, ardı sıra verilen 10 uyarımın en az yarısında >50  $\mu$ V üstü amplitüd elde edilen stimülasyon şiddeti olarak tanımlanmıştır.

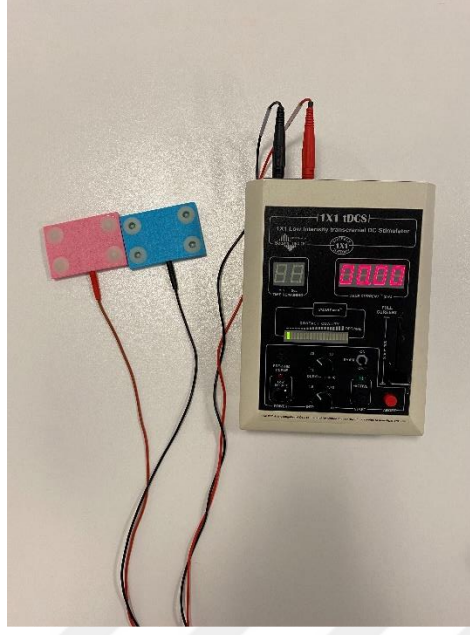
M1 alanı Uluslararası 10/20 Elektroensefalogram Sistemi aracılığıyla belirlendi. Başlangıçta burun kökü (nasion) ile protuberensiya oksipitalis (inion) arasındaki mesafe ölçülüp bu mesafenin orta noktası işaretlendi. Bu noktayla kesişecek şekilde traguslar arası mesafe belirlendi. Belirlenmiş bu mesafenin tam orta noktası Cz (verteks) olarak kaydedildi. Primer motor korteksin (M1) konumuna karşılık gelen C3 / C4 alanlarının belirlenmesi için ise Cz alanından ilgili tragusa doğru %40 kadar lateral gidildi (Şekil.3.2).

Aktif rTMS grubundaki hastalara doktor gözetiminde, 2 hafta boyunca toplam 10 gün 10/20 Elektroensefalogram Sistemi'ne göre alt ekstremité primer motor alanına karşılık gelen Cz (verteks) bölgesi hedeflenerek, 20 dakika süren ve seans boyunca 28'er saniye aralıklarla uygulanacak 2 saniye boyunca 20 Hz frekansta toplam 1600 atımdan oluşan yüksek frekanslı rTMS uygulaması yapıldı. Taklit rTMS grubunda bulunan hastalara, taklit coil ile 2 hafta boyunca 20 dakika süren benzer seanslar uygulandı.



**Şekil 3.2.** Uluslararası 10/20 Elektroensefalogram Sistemi

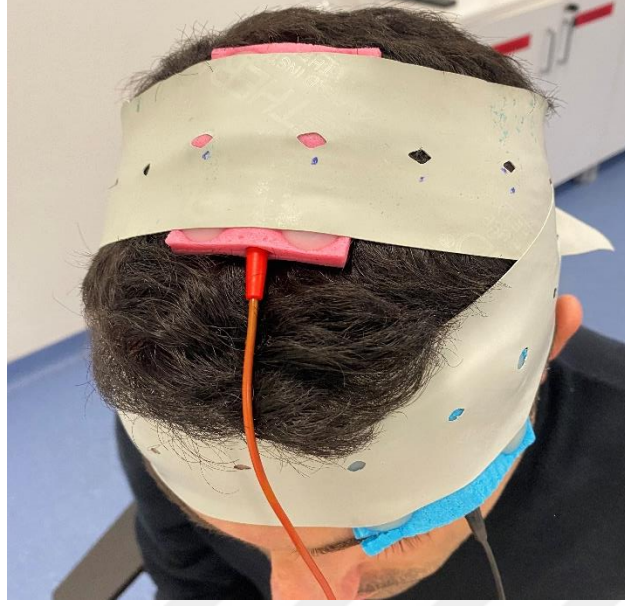
tDCS için Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesinde bulunan 1×1 HD-tDCS / HD-tES çift kanallı stimülasyon cihazı (Soterix Medical Inc. New York, NY) kullanıldı (Şekil 3.3).



**Şekil 3.3.** Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi NIBS Laboratuvarında bulunan Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyon cihazı

Aktif tDCS grubunda bulunan hastalara, 2 hafta boyunca toplam 10 gün doktor gözetiminde dominant hemisfer M1 alanına anodal tDCS uygulandı. Elektrodların yerleşimini belirlemek için Uluslararası 10/20 Elektroensefalogram Sistemi kullanıldı. Başlangıçta burun kökü (nasion) ile protuberensiya oksipitalis (inion) arasındaki mesafe ölçüldü ve bu mesafenin orta noktası 10/20 Elektroensefalogram Sistemi'ne göre alt ekstremité primer motor alanına karşılık gelen Cz (verteks) bölgesi olarak kaydedildi. Anodal elektrot bu alana, katodal elektrot kontralateral supraorbital bölgeye yerleştirildi (Şekil 3.4). Anodal ve katodal uçların yerleştirilmesi işleminde, serum fizyolojik ile ıslatılmış sünger kılıflar kullanıldı. Her tDCS seansında toplam 20 dakika boyunca 2 mA 0,0571 mA/cm<sup>2</sup> yoğunlukta anodal doğru akım stimülasyonu uygulandı.





**Şekil 3.4.** tDCS uygulamasında elektrotların yerleşimi

Taklit tDCS grubunda bulunan hastalara ise 2 hafta boyunca, toplam 20 dakika süren, dominant hemisfere seansın başlangıcında 2mA akım uygulandı ve bu akım 10 saniye içinde azaltılarak sonlandırıldı. Taklit stimülasyon yöntemi, kortikal eksitabilitede herhangi bir değişiklik yapmadığı daha önceki araştırmalarda belirlenmiş bir yöntem olup, yalnızca uygulamanın yapıldığı bölgede cilt dokusunda hafif sızlama oluşturacak, bu sayede aktif grup ile farkı hasta anlamayacak şekilde planlanmıştır.

Her dört gruptaki hastalara aynı gün içerisinde rTMS veya tDCS uygulamalarından sonra Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi Robotik Rehabilitasyon Laboratuvarında bulunan Lokomat (Hocoma) cihazı (Şekil 3.5) ile 40 dakika süren alt ekstremitte robotik rehabilitasyon tedavisi uygulandı.



**Şekil 3.5.** Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi Robotik Rehabilitasyon Laboratuvarında bulunan Lokomat cihazı

### **3.5. DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ**

Hastaların, primer sonuç ölçütü olarak standart ASIA muayenesine göre alt ekstremiteler motor skorları (Ek-4) ölçüldü. Bunun dışında yürüme becerilerini ve hızlarını ölçmek için SKY hastaları için geliştirilmiş Walking Index for SCI – II (WISCI-II) skalası ve 10 metre yürüyüş testi kullanıldı. Sekonder sonuç ölçütü olarak rTMS ve TDCS’in spastisite üzerine olası etkileri Modifiye Ashworth Skalası (MAS), ağrı üzerine olası etkileri Vizüel Analog Skala (VAS) kullanılarak değerlendirildi. Hastalar tedavi başlamadan hemen önce, tedavinin bitiminde (2.hafta) ve tedavi bitiminde 2 hafta sonra değerlendirildi. Tüm değerlendirmelerde hastalar yan etki açısından sorgulandı.

#### **3.5.1. Walking Index for SCI – II (WISCI-II) Skalası**

WISCI-II skalası SKY hastalarında yürümenin değerlendirilmesinde kullanılan bir ölçektir. Yürümesi sırasında fiziksel yardımcı sayısına, kullanılan cihaz ve özelliğine ve yürüme mesafesine göre hastaların derecelendirildiği bir ölçektir. Yürüme düzeyi 0 (sıfır) en kötü, 20 (yirmi) en az bozulma olarak puanlanır. Yürüme sırasında fiziksel yardım, ortezler, yürüteç, koltuk değneği ve baston kullanımı standardize olması için açıklanmıştır. Puanlamada hastanın yürüme sırasında en

güvenli olduğu derecenin seçilmesine dikkat edilmelidir (Ek 5). Güvenilirliği ve geçerliliği çalışmalarla gösterilmiştir (96).

### 3.5.2. 10 Metre Yürüyüş Testi

Yürüyüş hızı (Velocity) değerlendirilmesinde kullanılan bir testtir. Düz bir zeminde 10 metre işaretlenir. Bir adet kronometre kullanımı gereklidir. Kronometre hasta başlangıç çizgisini geçtiğinde başlatılır, bitiş çizgisine ulaştığında durdurulur. Yürüme hızı metre/saniye birimiyle ifade edilir (Ek 6) (97).

### 3.5.3. Modifiye Ashworth Skalası

Hastaların alt ekstremitte diz ekstansörleri, kalça addüktörleri ve ayak bileği plantar fleksörleri kas grupları bilateral ölçülerek ortalamaları her kas grubu için ayrı ayrı kayıt altına alındı. Değerlendirmede, 1987 yılında Bohannon ve ark. tarafından oluşturulan Modifiye Ashworth skalası kullanıldı (Ek 7) (Tablo 3.2) (98).

**Tablo 3.2.** Modifiye Ashworth skalası (130)

Özellikler	
0	Normal tonus
1	Kas tonusunda hafif artış, etkilenmiş eklemlerde hareket açıklığının sonunda minimal direnç.
1+	Eklemler hareket açıklığının yarısından daha azında minimal direnç.
2	Eklemler hareket açıklığı boyunca belirgin direnç artışı vardır, fakat etkilenmiş eklemler kolaylıkla hareket ettirilir.
3	Kas tonusunda belirgin artış vardır, pasif hareket oldukça zordur.
4	Etkilenen eklem fleksiyon ya da ekstansiyonda rijittir.

### 3.5.4. Vizüel Analog Skala (VAS)

VAS, klinik çalışmalarda en sık kullanılan ağrı yoğunluğunu ölçen ölçeklerdendir. Ölçek 10 cm'lik bir çizgiden oluşur. Çizginin 0 ile gösterilen ucu "ağrı yok" 10 ile gösterilen ucu "en şiddetli ağrı" olarak tanımlanmıştır. Katılımcılardan çizgi üzerinde mevcut ağrı yoğunluğunu belirtecek değer işaretlenmesi istenir. VAS ağrı yoğunluğu, çizginin "ağrı yok" yazan ucundan santimetre cinsinden ölçülmesiyle

puanlanır(EK-8). Ağrı yoğunluğu sınıflandırılırken; hafif (1-4 cm), orta (5-7 cm), şiddetli (8-9 mm) olarak sınıflandırıldı (99).

### **3.6. İSTATİSTİKSEL ANALİZ**

#### **3.6.1 Örneklem Büyüklüğünün Belirlenmesi**

Örneklem sayısını belirlemek için primer sonuç ölçütü olarak WISCI-II kullanılmıştır. Örneklem hesabında %80 güç, 0.05 tip I hata için; Kumru ve ark. tarafından yapılan araştırma (100) temel alınarak gruplar arasında 10 puanlık farka ulaşabilmek için grup başına düşen hasta sayısının 8 olması gerektiği hesaplanmıştır. Çalışma sürecinde olası hasta kaybı düşünülerek grup başına 10 hasta, toplam 40 hastanın çalışmaya dahil edilmesi planlanmıştır.

#### **3.6.2. Verilerin Analizi**

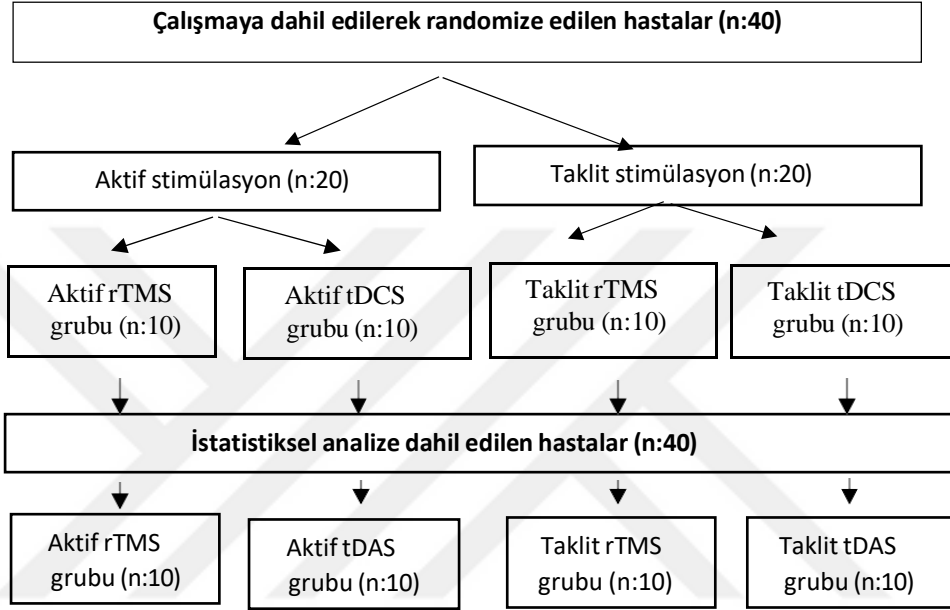
Çalışmamızda elde edilen verilerin istatistiksel analizi için IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences) 22.0 programı kullanıldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov testi ile belirlendi. Veriler normal dağılım göstermediğinde non-parametrik karşılaştırma testleri ile analiz yapıldı. Her bir grupta grup içi ölçümlerin karşılaştırılmasında Friedman testi kullanılmış olup anlamlı çıkan sonuçlar ikili olarak Wilcoxon testi ile karşılaştırıldı. Gruplar arası değişimin (delta değeri) karşılaştırmasında Mann-Whitney U testi kullanıldı.

Dört grupla yapılan bu çalışmada aktif rTMS ve aktif tDCS grupları taklit grupları ile karşılaştırıldı. Ayrıca aktif rTMS ve aktif tDCS grupları arasında da karşılaştırma yapıldı. Analiz yapılacak (1) aktif rTMS-taklit rTMS, (2) aktif tDCS-taklit tDCS ve (3) aktif rTMS-aktif tDCS olmak üzere üç adet ikili grup eşleştirmesi oluşturuldu.

Aksi belirtilmedikçe  $p < 0,05$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Farkın kaynağı için yapılan tüm çoklu karşılaştırmalarda Tip I hatayı kontrol edebilmek için Bonferroni Düzeltmesi yapılarak  $p < 0,017$  için sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 4. BULGULAR

Çalışma için dâhil edilme kriterlerini karşılayan 40 hasta bilgisayar temelli randomizasyon şemasına göre 10 hasta aktif rTMS, 10 hasta taklit rTMS, 10 hasta aktif tDCS ve 10 hasta taklit tDCS olmak üzere 4 gruba ayrıldı. Hastaların çalışma boyunca akış şeması Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Araştırma akış şeması

Çalışmaya katılan hastaların aktif rTMS grubunda bulunanların 9’u erkek (%90), 1’i kadın (%10); taklit rTMS grubunda bulunanların 9’u erkek (%90), 1’i kadın (%10); aktif tDCS grubunda bulunanların 8’i erkek (%80), 2’si kadın (%20); taklit tDCS grubunda bulunanların 6’sı erkek (%60), 4’ü kadındı (%40). Yaş ortalamaları aktif rTMS grubundaki hastalarda  $38.7 \pm 6.83$ ; taklit rTMS grubundaki hastalarda  $39.4 \pm 14.2$ ; aktif tDCS grubundaki hastalarda  $45.9 \pm 14.05$ ; taklit tDCS grubundaki hastalarda  $40 \pm 11.4$  yıldı. Yaş ve cinsiyet açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ( $p > 0.05$ ) (Tablo 4.1).

Araştırmaya dâhil edilen hastalar eşlik eden hastalık varlığı açısından incelendiğinde aktif rTMS grubundaki hastaların ek hastalığı olmadığı, taklit rTMS grubundaki 1 hastada (%10) hipertansiyon varlığı, aktif tDCS grubundaki 1 hastada (%10) diabetes mellitus, taklit tDCS grubundaki hastalarda ek hastalık olmadığı

saptandı. Eşlik eden hastalık varlığı açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.1).

**Tablo 4.1.** Gruplara göre olguların demografik özellikleri (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	<b>Aktif rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Aktif tDCS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit tDCS Grubu (n:10)</b>	<b><i>p</i><sup>1</sup></b>	<b><i>p</i><sup>2</sup></b>	<b><i>p</i><sup>3</sup></b>
<b>Yaş (yıl)</b>	38.7±6.83 [39.5 (32.7-44.2)]	39.4±14.2 [35.5 (26.0-54.2)]	45.9±14.05 [48.5 (34-56.7)]	40±11.4 [40.0 (32.0-46.2)]	0.970	0.290	0.162
<b>Cinsiyet</b>					1.000	0.342	0.542
<i>Erkek</i>	9 (%90)	9 (%90)	8 (%80)	6 (%60)			
<i>Kadın</i>	1 (%10)	1 (%10)	2 (%20)	4 (%40)			
<b>Ek hastalık varlığı</b>					0.317	0.317	0.317
<i>Hipertansiyon</i>	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Diyabetes mellitus</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			

*p*<sup>1</sup>: Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

*p*<sup>2</sup>: Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

*p*<sup>3</sup>: Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Çalışmaya dâhil edilen hastaların ortalama SKY süreleri aktif rTMS grubunda 15.1±6.8 ay; taklit rTMS grubunda 16.3±5.6 ay; aktif tDCS grubunda 14.6±7.4; taklit tDCS grubunda ise 13.7±7.5 ay idi. SKY süreleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.2).

SKY etiyojisi açısından incelendiğinde aktif rTMS grubundaki hastaların 3'ü araç içi trafik kazası (%30.0), 2'si (%20.0) motosiklet kazası, 3'ü yüksekten düşme (%30), 1'i ateşli silah yaralanması (%10) 1'i kesici-delici alet yaralanmaları (%10); taklit rTMS grubundaki hastaların 3'ü araç içi trafik kazası (%30.0), 1'i (%10.0) motosiklet kazası, 4'ü yüksekten düşme (%40), 2'si ateşli silah yaralanması (%20); aktif tDCS grubundaki hastaların 3'ü araç içi trafik kazası (%30.0), 6'sı (%60.0) yüksekten düşme, 1'i ateşli silah yaralanması (%10); taklit tDCS grubundaki hastaların 2'si araç içi trafik kazası (%20.0), 1'i araç dışı trafik kazası (%10), 1'i (%10) motosiklet kazası, 5'i yüksekten düşme (%50), 1'i ateşli silah yaralanması (%10) nedeniyle SKY tanısı aldıkları görüldü. SKY nedeni açısından değerlendirildiğinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.2).

ASIA bozukluk skalasına göre incelendiğinde hastaların aktif rTMS grubunda bulunanların 1'i ABS B (%10), 6'sı ABS C (%60) 3'ü ABS D (%30); taklit rTMS

grubunda bulunanların 6'sı ABS B (%60), 2'si ABS C (%20) 2'si ABS D (%20); aktif tDCS grubunda bulunanların 2'si ABS B (%20), 6'sı ABS C (%60) 2'si ABS D (%20); taklit tDCS grubunda bulunanların 6'sı ABS B (%60), 1'i ABS C (%10) 3'ü ABS D (%30) olduğu görüldü. ABS'a göre değerlendirme açısından gruplar arası farklılık saptanmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.2).

Hastalar nörolojik yaralanma seviyesi açısından değerlendirildiğinde aktif rTMS grubunda 2'si T10 (%20), 2'si T12 (%20), 1'i T6 (%10), 1'i T9 (%10), 1'i T11 (%10), 1'i L1 (%10), 1'i L2 (%10), 1'i L3 (%10); taklit rTMS grubunda 2'si C5 (%20), 2'si T5 (%20), 2'si T10 (%20), 2'si L1 (%20), 1'i C4 (%10), 1'i T2 (%10); aktif tDCS grubunda bulunanların 2'si T8 (%20), 2'si T10 (%20), 1'i C5 (%10), 1'i T3 (%10), 1'i T9 (%10), 1'i T12 (%10), 1'i L1 (%10), 1'i L2 (%10); taklit tDCS grubunda bulunanların 3'ü T11 (%30), 1'i C4 (%10), 1'i T6 (%10), 1'i T8 (%10), 1'i T9 (%10), 1'i T10 (%10), 1'i L2 (%10), 1'i L4 (%10) seviyesi olarak değerlendirildi. Nörolojik yaralanma seviyesi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. ( $p>0.05$ ).

**Tablo 4.2.** Gruplara göre SKY etiolojisi, hastalık süresi, ABS'a göre durum (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	$P^1$	$P^2$	$P^3$
<b>SKY süresi (ay)</b>	15.1±6.8 [7.5 (7-21.2)]	16.3±5.6 [9.0 (11.2-21.2)]	14.6±7.4 [7.5 (6.7-23.0)]	13.7±7.5 [7.0 (6.7-23.2)]	0.790	0.879	0.909
<b>SKY nedeni</b>					0.906	0.900	0.872
<i>Araç içi trafik kazası</i>	3 (%30)	3 (%30)	3 (%30)	2 (%20)			
<i>Araç dışı trafik kazası</i>	%0	%0	%0	1 (%10)			
<i>Motosiklet kazası</i>	2 (%20)	1 (%10)	%0	1 (%10)			
<i>Yüksekten düşme</i>	3 (%30)	4 (%40)	6 (%60)	5 (%50)			
<i>Ateşli silah yaralanması</i>	1 (%10)	2 (%20)	1 (%10)	1 (%10)			
<i>Kesici-Delici yaralanma</i>	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)			
<b>ABS durumu</b>					0.760	0.333	0.490
<i>ABS B</i>	1 (%10)	6 (%60)	2 (%20)	6 (%60)			
<i>ABS C</i>	6 (%60)	2 (%20)	6 (%60)	1 (%10)			
<i>ABS D</i>	3 (%30)	2 (%20)	2 (%20)	3 (%30)			
<b>Etkilenen ekstremiteler</b>					0.067	1.000	0.317
<i>Parapleji</i>	10 (%100)	7 (%70)	9 (%90)	9 (%90)			
<i>Tetrapleji</i>	0 (%0)	3 (%30)	1 (%10)	1 (%10)			

$p^1$ : Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

$p^2$ : Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

$p^3$ : Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Hastalar kullandıkları ilaçlar açısından değerlendirildiğinde aktif rTMS grubundaki hastaların 2'sinin (%20) pregabalin ve oksibutinin, 2'sinin (%20) tizanidin, baklofen ve duloksetin, 1'inin (%10) baklofen, oksibutinin ve trospium, 1'inin (%10) pregabalin ve duloksetin, 1'inin (%10) baklofen, 1'inin (%10) laktuloz; taklit rTMS grubundaki hastaların 3'ünün (%30) baklofen, 2'sinin (%20) pregabalin, 1'inin (%10) pregabalin ve tolterodin, 1'inin (%10) duloksetin, 1'inin (%10) baklofen ve duloksetin, 1'inin (%10) baklofen, pregabalin ve laktuloz; aktif tDCS grubundaki hastaların 2'sinin (%20) pregabalin, 1'inin (%10) oksibutinin ve doksazosin, 1'inin (%10) baklofen, oksibutinin ve trospium, 1'inin (%10) baklofen ve doksazosin, 1'inin (%10) baklofen, 1'inin (%10) duloksetin ve laktuloz, 1'inin (%10) gabapentin, 1'inin (%10) oksibutinin; taklit tDCS grubundaki hastaların 2'sinin (%20) pregabalin, 1'inin (%10) pregabalin ve oksibutinin, 1'inin (%10) pregabalin ve tolterodin, 1'inin (%10) baklofen, oksibutinin ve trospium, 1'inin (%10) baklofen ve pregabalin, 1'inin (%10) parasetamol kullandığı görüldü. İlaç kullanımını açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı. ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.3).

**Tablo 4.3.** Gruplara göre hastaların kullandıkları ilaçlar

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	$p^1$	$p^2$	$p^3$
<b>İlaç kullanım varlığı</b>					0.542	0.276	0.542
<i>Pregabalin, Oksibutinin</i>	2 (%20)	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)			
<i>Tizanidin, Baklofen Duloksetin</i>	2 (%20)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Baklofen Oksibutinin, Trospium</i>	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)			
<i>Pregabalin, Duloksetin</i>	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Baklofen</i>	1 (%10)	3 (%30)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Laktuloz</i>	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Pregabalin</i>	0 (%0)	2 (%20)	2 (%20)	2 (%20)			
<i>Pregabalin, Tolterodin</i>	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)	1 (%10)			
<i>Duloksetin</i>	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Baklofen, Duloksetin</i>	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Baklofen, pregabalin ve laktuloz</i>	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)	0 (%0)			
<i>Oksibutinin, Doksazosin</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Baklofen, Oksibutinin, Trospium</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Baklofen, Doksazosin</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Duloksetin, Laktuloz</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Gabapentin</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Oksibutinin</i>	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)	0 (%0)			
<i>Baklofen, Pregabalin</i>	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)			
<i>Parasetamol</i>	0 (%0)	0 (%0)	0 (%0)	1 (%10)			

$p^1$ : Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

$p^2$ : Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması



p<sup>3</sup>: Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Araştırmaya dâhil edilen hastalar ABS'a göre alt ekstremite motor skorları, WISCI – II ölçeği, 10 metre yürüyüş testi ve VAS'a göre ağrı skorları açısından tedavi başlamadan hemen önce, tedavinin bitiminde (2.hafta) ve tedavi başlangıcından 4 hafta sonra değerlendirildi. Tedavi öncesi yapılan başlangıç değerlendirmelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0.05) (Tablo 4.4).

**Tablo 4.4.** Tedavi gruplarına göre başlangıç alt ekstremite motor skorları, WISCI – skorları, 10 metre yürüyüş testi ve VAS değerleri (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	<b>Aktif rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Aktif tDCS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit tDCS Grubu (n:10)</b>	<b>p<sup>1</sup></b>	<b>p<sup>2</sup></b>	<b>p<sup>3</sup></b>
<b>Alt ekstremite motor skor – Sağ</b>	7.8±4.1 [8.5 (4-10.7)]	7.5±9.7 [1.5 (0-16.5)]	9.4±4.9 [9.5 (5-14.5)]	8.6±7.8 [7 (2-14.7)]	0.425	0.569	0.426
<b>Alt ekstremite motor skor – Sol</b>	8.2±5.1 [8.5 (3.5-13)]	7.4±9.2 [1.5 (0-16.5)]	10.6±5.9 [9 (5-16)]	8.7±9.8 [4.5 (1-20)]	0.403	0.288	0.340
<b>Alt ekstremite motor skor - Total</b>	16±9.1 [17 (7.5-23.7)]	14.9±18.9 [3 (0-33.2)]	20±10.2 [16.5 (13-32)]	17.3±17.35 [11.5 (3-36.25)]	0.383	0.324	0.448
<b>WISCI – II</b>	6.5±2.1 [6 (5-9)]	5.7±3.8 [5 (3-6.7)]	7.6±2.9 [7 (5-9.7)]	6.9±5.7 [5 (4-9.7)]	0.228	0.311	0.526
<b>10 m yürüyüş testi</b>	0.147±0.05 [0.135 (0.111-0.185)]	0.113±0.10 [0.077 (0.073-0.116)]	0.134±0.03 [0.127 (0.100-0.160)]	0.150±0.10 [0.105 (0.075-0.225)]	0.051	0.543	0.621
<b>VAS</b>	6.5±1.50 [6.5 (5-8)]	6.2±1.93 [6.5 (5.2-7.2)]	5.1±1.59 [4.5 (4-6.25)]	6.2±1.68 [6.5 (4.7-7.2)]	0.787	0.143	0.059

p<sup>1</sup>: Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

p<sup>2</sup>: Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

p<sup>3</sup>: Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Araştırmaya dâhil edilen hastalar MAS'a göre alt ekstremite spastisite düzeyleri açısından tedavi başlamadan hemen önce, tedavinin bitiminde (2.hafta) ve tedavi başlangıcından 4 hafta sonra değerlendirildi. Tedavi öncesi yapılan başlangıç değerlendirmelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p>0.05) (Tablo 4.5).

**Tablo 4.5.** Tedavi gruplarına göre başlangıç MAS'a göre alt ekstremitte spastisite düzeyleri (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	<b>Aktif rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Aktif tDCS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit tDCS Grubu (n:10)</b>	<i>p</i> <sup>1</sup>	<i>p</i> <sup>2</sup>	<i>p</i> <sup>3</sup>
<b>MAS – Kalça addüktörleri - Sağ</b>	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.551	0.562	0.722
<b>MAS – Kalça addüktörleri - Sol</b>	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.551	0.562	0.722
<b>MAS – Diz ekstansörleri - Sağ</b>	0.3±0.67 [0 (0-0.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.2±0.632 [0 (0-0)]	1.000	0.330	0.654
<b>MAS – Diz ekstansörleri - Sol</b>	0.3±0.67 [0 (0-0.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.2±0.632 [0 (0-0)]	1.000	0.330	0.654
<b>MAS – Hamstring - Sağ</b>	0.3±0.94 [0 (0-0)]	0.1±0.316 [0 (0-0)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.942	0.963	0.330
<b>MAS – Hamstring - Sol</b>	0.3±0.94 [0 (0-0)]	0.1±0.316 [0 (0-0)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.942	0.963	0.330
<b>MAS – Gastro - Sağ</b>	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.843 [0 (0-0.5)]	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	0.804	0.155	0.914
<b>MAS – Gastro - Sol</b>	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.843 [0 (0-0.5)]	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	0.804	0.155	0.914
<b>MAS – Soleus - Sağ</b>	0.3±0.948 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.317	0.068	0.317
<b>MAS – Soleus - Sol</b>	0.3±0.948 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.317	0.068	0.317

*p*<sup>1</sup>: Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

*p*<sup>2</sup>: Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

*p*<sup>3</sup>: Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Araştırmaya dâhil edilen hastalar fonksiyonel durumları açısından tedavi başlamadan hemen önce, tedavinin bitiminde (2.hafta) ve tedavi başlangıcından 4 hafta sonra değerlendirildi. Tedavi öncesi yapılan başlangıç değerlendirmelerinde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (*p*>0.05) (Tablo 4.6).

**Tablo 4.6.** Tedavi gruplarına göre başlangıçtaki fonksiyonel durum

	<b>Aktif rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit rTMS Grubu (n:10)</b>	<b>Aktif tDCS Grubu (n:10)</b>	<b>Taklit tDCS Grubu (n:10)</b>	<i>p</i> <sup>1</sup>	<i>p</i> <sup>2</sup>	<i>p</i> <sup>3</sup>
<i>Terapötik ambulasyon</i>	2 (%20)	4 (%40)	2 (%20)	3 (%30)	0.296	0.573	0.744
<i>Ev içi ambulasyon</i>	3 (%30)	3 (%30)	4 (%40)	4 (%40)			
<i>Toplum içi ambulasyon</i>	5 (%50)	3 (%30)	4 (%40)	3 (%30)			

p<sup>1</sup>: Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması  
p<sup>2</sup>: Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması  
p<sup>3</sup>: Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

ABS'a göre alt ekstremitte total motor skorların tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, Taklit rTMS, aktif tDCS ve Taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur (sırasıyla p=0.002, p=0.022, p=0.001, p=0.015) (Tablo 4.7). Aktif rTMS grubunda başlangıç ile 4. Hafta arasındaki alt ekstremitte total motor skorlarında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel anlamlı olarak düzelme bulunmuştur (Tablo 4.7). Aktif tDCS grubunda başlangıç ile 2.hafta ve başlangıç ile 4.hafta arasındaki alt ekstremitte total motor skorlarında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel anlamlı olarak düzelme bulunmuştur (Tablo 4.7). Taklit rTMS ve taklit tDCS gruplarında başlangıca göre diğer izlem zamanlarının birbirleri arasında alt ekstremitte total motor skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir (Tablo 4.7).

**Tablo 4.7.** ABS'a göre alt ekstremitte total motor skorlarının grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	<b>0.Hafta</b>	<b>2.Hafta</b>	<b>4.Hafta</b>	<b>p</b>
<b>Alt ekstremitte motor skor – Total</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	16±9.1 [17 (7.5-23.7)]	18±9.23 [18 (12-24.5)]	18.6±9.97 <sup>b</sup> [18 (12-26)]	<b>0.002</b>
<i>Taklit rTMS</i>	14.9±18.9 [3 (0-33.2)]	15.3±19.4 [3 (0-33.5)]	16.9±18.26 [8 (1.5-33.5)]	<b>0.022</b>
<i>Aktif tDCS</i>	20±10.2 [16.5 (13-32)]	22.2±10.9 <sup>a</sup> [18 (15.7-32.5)]	23.1±10.43 <sup>b</sup> [20 (17.7-32.5)]	<b>0.001</b>
<i>Taklit tDCS</i>	17.3±17.35 [11.5 (3-36.25)]	18.1±17.47 [13 (3-37.5)]	18.5±17.53 [13 (3-38)]	<b>0.015</b>

a=0.Hafta ile 2.Hafta arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (p<0,017), b=0.Hafta ile 4.Hafta arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (p<0,017), c=2.Hafta ile 4.Hafta arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı (p<0,017).

MAS'a göre alt ekstremitte sağ ve sol kalça addüktörleri, sağ ve sol diz ekstansörleri, sağ ve sol hamstring, sağ ve sol gastroknemius, sağ ve sol soleus spastisite düzeylerinin tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmamıştır (p>0.05) (Tablo 4.8).

**Tablo 4.8.** MAS'a göre bilateral alt ekstremite kaslarının spastisite düzeylerinin grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	0.Hafta	2.Hafta	4.Hafta	p
<b>MAS – Kalça addüktörleri - Sağ</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.7±1.25 [0 (0-1.25)]	0.7±1.25 [0 (0-1.25)]	0,368
<i>Taklit rTMS</i>	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.4±0.843 [0 (0-0.50)]	0.4±0.843 [0 (0-0.50)]	0,368
<i>Aktif tDCS</i>	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	1.000
<i>Taklit tDCS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.6±0.843 [0 (0-1.25)]	0,368
<b>MAS – Kalça addüktörleri – Sol</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.7±1.25 [0 (0-1.25)]	0.7±1.25 [0 (0-1.25)]	0,368
<i>Taklit rTMS</i>	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.4±0.843 [0 (0-0.50)]	0.4±0.843 [0 (0-0.50)]	0,368
<i>Aktif tDCS</i>	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	0.7±1.059 [0 (0-1.25)]	1.000
<i>Taklit tDCS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.6±0.843 [0 (0-1.25)]	0,368
<b>MAS – Diz ekstansörleri – Sağ</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.3±0.67 [0 (0-0.25)]	0.4±0.96 [0 (0-0.25)]	0.4±0.96 [0 (0-0.25)]	0,368
<i>Taklit rTMS</i>	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.69 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	1.000
<i>Taklit tDCS</i>	0.2±0.632 [0 (0-0)]	0.2±0.632 [0 (0-0)]	0.2±0.632 [0 (0-0)]	1.000
<b>MAS – Diz ekstansörleri – Sol</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.3±0.67 [0 (0-0.25)]	0.4±0.96 [0 (0-0.25)]	0.4±0.96 [0 (0-0.25)]	0,368
<i>Taklit rTMS</i>	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.3±0.674 [0 (0-0.25)]	0.3±0.647 [0 (0-0.25)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	1.000
<i>Taklit tDCS</i>	0.2±0.632 [0 (0-0)]	0.2±0.632 [0 (0-0)]	0.2±0.632 [0 (0-0)]	1.000
<b>MAS – Hamstring – Sağ</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.3±0.94 [0 (0-0)]	0.3±0.94 [0 (0-0)]	0.3±0.94 [0 (0-0)]	1.000
<i>Taklit rTMS</i>	0.1±0.316 [0 (0-0)]	0.1±0.316 [0 (0-0)]	0.1±0.316 [0 (0-0)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0,368
<i>Taklit tDCS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0,135
<b>MAS – Hamstring – Sol</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.3±0.94 [0 (0-0)]	0.3±0.94 [0 (0-0)]	0.3±0.94 [0 (0-0)]	1.000
<i>Taklit rTMS</i>	0.1±0.316 [0 (0-0)]	0.1±0.316 [0 (0-0)]	0.1±0.316 [0 (0-0)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0,368
<i>Taklit tDCS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0.6±1.07 [0 (0-1.25)]	0,135

**Tablo 4.8.** MAS'a göre bilateral alt ekstremite kaslarının spastisite düzeylerinin grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]) (devam)

	0.Hafta	2.Hafta	4.Hafta	p
<b>MAS – Gastro – Sağ</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	1.000
<i>Taklit rTMS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0.4±0.843 [0 (0-0.5)]	0.4±0.843 [0 (0-0.5)]	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0,368
<i>Taklit tDCS</i>	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	1.000
<b>MAS – Gastro – Sol</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	1.000
<i>Taklit rTMS</i>	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	0.4±0.699 [0 (0-1)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0.4±0.843 [0 (0-0.5)]	0.4±0.843 [0 (0-0.5)]	0.5±1.08 [0 (0-0.5)]	0,368
<i>Taklit tDCS</i>	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	1.1±1.37 [0.5 (0-3)]	1.000
<b>MAS – Soleus – Sağ</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.3±0.948 [0 (0-0)]	0.3±0.948 [0 (0-0)]	0.3±0.948 [0 (0-0)]	1.000
<i>Taklit rTMS</i>	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	1.000
<i>Taklit tDCS</i>	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	1.000
<b>MAS – Soleus – Sol</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.3±0.948 [0 (0-0)]	0.3±0.948 [0 (0-0)]	0.3±0.948 [0 (0-0)]	1.000
<i>Taklit rTMS</i>	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	1.000
<i>Aktif tDCS</i>	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	0±0 [0 (0-0)]	1.000
<i>Taklit tDCS</i>	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	0.5±0.971 [0 (0-1)]	1.000

WISCI – II skorlarının tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS ve taklit tDCS gruplarında istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur (sırasıyla p=0.002, p=0.007, p=0.007). Aktif tDCS grubunda ise grup içi karşılaştırmada anlamlı iyileşme bulunmamıştır (p>0.05) (Tablo 4.9). Aktif rTMS grubunda başlangıç ile 4. Hafta arasındaki WISCI – II skorlarında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel anlamlı olarak düzelme

bulunmuştur (Tablo 4.9). Taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında başlangıca göre diğer izlem zamanlarının birbirleri arasında WISCI – II skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir (Tablo 4.9).

10 metre yürüyüş testi değerlerinin tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur (sırasıyla  $p=0.000$ ,  $p=0.002$ ,  $p=0.001$ ,  $p=0.000$ ). (Tablo 4.9). Aktif rTMS grubunda başlangıç ile 2. hafta, başlangıç ile 4.hafta ve 2. hafta ile 4. hafta arasındaki 10 metre yürüyüş testi değerlerinde Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur (Tablo 4.9). Taklit rTMS ve aktif tDCS gruplarında başlangıç ile 4. hafta arasındaki 10 metre yürüyüş testi değerlerinde Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur (Tablo 4.9). Taklit tDCS grubunda başlangıç ile 4. hafta ve 2. hafta ile 4. hafta arasındaki 10 metre yürüyüş testi değerlerinde Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur (Tablo 4.9).

VAS'a göre ağrı skorlarının tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur (sırasıyla  $p=0.037$ ,  $p=0.008$ ,  $p=0.004$ ,  $p=0.005$ ) (Tablo 4.9). Aktif tDCS grubunda başlangıç ile 4. hafta arasındaki VAS'a göre ağrı skorlarında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı azalma bulunmuştur (Tablo 4.9). Taklit tDCS grubunda başlangıç ile 2. hafta ve başlangıç ile 4. hafta arasındaki VAS'a göre ağrı skorlarında Bonferroni Düzeltmesine göre istatistiksel olarak anlamlı azalma bulunmuştur (Tablo 4.9).

**Tablo 4.9.** WISCI – II skoru, 10 m yürüyüş testi değerleri ve VAS’a göre ağrı düzeylerinin grup içi karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	0.Hafta	2.Hafta	4.Hafta	p
<b>WISCI – II</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	6.5±2.12 [6 (5-9)]	6.9±2.18 [7 (5-9)]	9.2±3.42 <sup>b</sup> [10.5 (5.7-12)]	<b>0.002</b>
<i>Taklit rTMS</i>	5.7±3.8 [5 (3-6.7)]	5.7±3.88 [5 (3-6.7)]	6.6±3.86 [5.5 (4.5-7.5)]	<b>0.007</b>
<i>Aktif tDCS</i>	7.6±2.9 [7 (5-9.7)]	7.6±2.9 [7 (5-9.7)]	8±2.82 [9 (5-9.75)]	0.368
<i>Taklit tDCS</i>	6.9±5.7 [5 (4-9.7)]	6.9±5.7 [5 (4-9.7)]	7.6±5.54 [5.5 (4.5-9.7)]	<b>0.007</b>
<b>10 m yürüyüş testi</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	0.147±0.05 [0.135 (0.111-0.185)]	0.158±0.05 <sup>a</sup> [0.145 (0.123-0.200)]	0.177±0.06 <sup>bc</sup> [0.167 (0.135-0.222)]	<b>0.000</b>
<i>Taklit rTMS</i>	0.113±0.10 [0.077 (0.073-0.116)]	0.123±0.118 [0.082 (0.077-0.131)]	0.128±0.137 <sup>b</sup> [0.087 (0.070-0.145)]	<b>0.002</b>
<i>Aktif tDCS</i>	0.134±0.036 [0.127 (0.100-0.160)]	0.142±0.039 [0.127 (0.115-0.185)]	0.134±0.03 <sup>b</sup> [0.127 (0.100-0.160)]	<b>0.001</b>
<i>Taklit tDCS</i>	0.150±0.10 [0.105 (0.075-0.225)]	0.167±0.10 [0.105 (0.092-0.305)]	0.187±0.12 <sup>bc</sup> [0.120 (0.095-0.350)]	<b>0.000</b>
<b>VAS</b>				
<i>Aktif rTMS</i>	6.5±1.50 [6.5 (5-8)]	5.1±1.79 [5 (3.75-6.5)]	5.2±1.39 [5 (4.5-6.2)]	<b>0.037</b>
<i>Taklit rTMS</i>	6.2±1.93 [6.5 (5.2-7.2)]	5.1±1.72 [5 (3.75-6)]	4.8±1.54 [5 (4-7.2)]	<b>0.008</b>
<i>Aktif tDCS</i>	5.1±1.59 [4.5 (4-6.25)]	3.8±1.03 <sup>b</sup> [4 (3-4)]	4.1±1.59 [4 (2.75-5.25)]	<b>0.004</b>
<i>Taklit tDCS</i>	6.2±1.68 [6.5 (4.7-7.2)]	4.6±1.26 <sup>a</sup> [4 (4-6)]	4.4±1.57 <sup>b</sup> [4 (3-5.2)]	<b>0.005</b>

Grup içi karşılaştırma, Friedman testi,  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

a=0.Hafta ile 2.Hafta arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,017$ ), b=0.Hafta ile 4.Hafta arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,017$ ), c=2.Hafta ile 4.Hafta arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,017$ ).

Gruplar arası karşılaştırmada alt ekstremitte total motor skorunda değişimlerin farklı olup olmadığına aktif rTMS ve taklit rTMS grupları, aktif tDCS ve taklit tDCS grupları, aktif rTMS ve aktif tDCS grupları karşılaştırılarak yapılan istatistiksel analize bakıldığında, bu skorların tedavi başlangıcı ile tedavi bitimi arasındaki değişim miktarı, tedavi başlangıcı ile 4. hafta arasındaki değişim miktarı ve tedavi bitimi ile 4. haftadaki değişim miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.11).

**Tablo 4.10.** Alt ekstremitte total motor skorlarındaki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	$P^1$	$P^2$	$P^3$
<b>Alt ekstremitte motor skor - Total</b>							
<i>0-2 hafta</i>	2 ±2.581 [1 (0-5.25)]	0.4 ±0.699 [0 (0-1)]	2.2 ±2.573 [1.5 (0-3.5)]	0.8 ±1.135 [0 (0-2)]	0.133	0.163	0.668
<i>0-4 hafta</i>	2.6 ±2.75 [1 (0-6)]	2.0 ±3.231 [0.5 (0-3.5)]	3.1 ±3.51 [2 (0-5.75)]	1.2 ±1.475 [0.5 (0-2.25)]	0.554	0.224	0.787
<i>2-4 hafta</i>	0.6 ±1.897 [0 (0-0)]	1.6 ±3.373 [0 (0-2)]	0.9 ±1.911 [0 (0-1)]	0.4 ±0.843 [0 (0-0.5)]	0.465	0.829	0.627

$p^1$ : Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması  
 $p^2$ : Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması  
 $p^3$ : Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Gruplar arası karşılaştırmada MAS'a göre alt ekstremitte sağ ve sol kalça addüktörleri, sağ ve sol diz ekstansörleri, sağ ve sol hamstring, sağ ve sol gastroknemius ile sağ ve sol soleus kasları spastisite düzeylerinde değişimlerin farklı olup olmadığına aktif rTMS ve taklit rTMS grupları, aktif tDCS ve taklit tDCS grupları, aktif rTMS ve aktif tDCS grupları karşılaştırılarak yapılan istatistiksel analize bakıldığında, bu düzeylerin tedavi başlangıcı ile tedavi bitimi arasındaki değişim miktarı, tedavi başlangıcı ile 4. hafta arasındaki değişim miktarı ve tedavi bitimi ile 4. haftadaki değişim miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.12).



**Tablo 4.11.** MAS'a göre bilateral alt ekstremitedeki kaslardaki spastisite düzeylerindeki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	P <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
<b>MAS – Kalça addüktörleri - Sağ</b>							
0-2 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	0.317
0-4 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.2 ±0.632 [0 (0-0)]	1.000	0.317	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.2 ±0.632 [0 (0-0)]	1.000	0.317	1.000
<b>MAS – Kalça addüktörleri - Sol</b>							
0-2 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	0.317
0-4 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.2 ±0.632 [0 (0-0)]	1.000	0.317	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.2 ±0.632 [0 (0-0)]	1.000	0.317	1.000
<b>MAS – Diz ekstansörleri - Sağ</b>							
0-2 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.317	1.000	0.317
0-4 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.317	1.000	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
<b>MAS – Diz ekstansörleri - Sol</b>							
0-2 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.317	1.000	0.317
0-4 hafta	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.317	1.000	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
<b>MAS – Hamstring - Sağ</b>							
0-2 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.2 ±0.421 [0 (0-0.25)]	1.000	0.542	0.317
0-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.2 ±0.421 [0 (0-0.25)]	1.000	0.542	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
<b>MAS – Hamstring - Sol</b>							
0-2 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.2 ±0.421 [0 (0-0.25)]	1.000	0.542	0.317
0-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0.2 ±0.421 [0 (0-0.25)]	1.000	0.542	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000

**Tablo 4.12.** MAS'a göre bilateral alt ekstremitedeki kaslardaki spastisite düzeylerindeki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)]) (devam)

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	P <sup>1</sup>	P <sup>2</sup>	P <sup>3</sup>
<b>MAS – Gastro - Sağ</b>							
0-2 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	0.317
0-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	0.317	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0.1 ±0.316 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	0.317	1.000
<b>MAS – Gastro - Sol</b>							
0-2 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	0.317
0-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	0.317	0.317
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	0.317	1.000
<b>MAS – Soleus - Sağ</b>							
0-2 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
0-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
<b>MAS – Soleus - Sol</b>							
0-2 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
0-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000
2-4 hafta	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	0 ±0 [0 (0-0)]	1.000	1.000	1.000

p<sup>1</sup>: Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

p<sup>2</sup>: Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

p<sup>3</sup>: Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

Gruplar arası karşılaştırmada WISCI – II skorundaki değişimlerin farklı olup olmadığına aktif rTMS ve taklit rTMS grupları, aktif tDCS ve taklit tDCS grupları, aktif rTMS ve aktif tDCS grupları karşılaştırılarak yapılan istatistiksel analize bakıldığında tedavi başlangıcı ile 4.hafta arasındaki değişim miktarı açısından aktif rTMS ve taklit rTMS, aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (sırasıyla p=0.041, p=0.013 ) Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılmasında tedavi bitimi ile 4. hafta arasındaki değişim miktarı açısından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (p=0.033) (Tablo 4.13).

Gruplar arası karşılaştırmada 10 metre yürüyüş testi ve VAS'a göre ağrı skoru değerlerindeki değişimlerin farklı olup olmadığına aktif rTMS ve taklit rTMS grupları, aktif tDCS ve taklit tDCS grupları, aktif rTMS ve aktif tDCS grupları karşılaştırılarak yapılan istatistiksel analize bakıldığında, bu düzeylerin tedavi başlangıcı ile tedavi bitimi arasındaki değişim miktarı, tedavi başlangıcı ile 4. hafta arasındaki değişim miktarı ve tedavi bitimi ile 4. haftadaki değişim miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.13).

**Tablo 4.13.** WISCI – II skoru, 10 m yürüyüş testi değerleri ve VAS'a göre ağrı düzeylerindeki değişimlerin (delta değerlerinin) gruplar arası karşılaştırması (ortalama±standart sapma [median (çeyreklikler)])

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	$P^1$	$P^2$	$P^3$
<b>WISCI - II</b>							
0-2 hafta	0.40 ±1.26 [0 (0-0)]	0.0 ±0 [0 (0-0)]	0.0 ±0 [0 (0-0)]	0.0 ±0 [0 (0-0)]	0.317	1.000	0.317
0-4 hafta	2.70 ±2.05 [3 (0-4)]	0.9 ±1.10 [0.5 (0-2)]	0.4 ±1.26 [0 (0-0)]	0.70 ±0.82 [0.5 (0-1.25)]	<b>0.041</b>	0.102	<b>0.013</b>
2-4 hafta	2.30 ±2.16 [3 (0-4)]	0.9 ±1.10 [0.5 (0-2)]	0.4 ±1.26 [0 (0-0)]	0.70 ±0.82 [0.5 (0-1.25)]	0.140	0.102	<b>0.033</b>
<b>10 m yürüyüş testi</b>							
0-2 hafta	0.108 ±0.009 [0.1 (0-0.2)]	0.105 ±0.015 [0.05 (0-0.125)]	0.085 ±0.11 [0.02 (0-0.2)]	0.170 ±0.030 [0.1 (0-0.2)]	0.643	0.660	0.503
0-4 hafta	0.300 ±0.198 [0.22 (0.17-0.42)]	0.155 ±0.042 [0.1 (0.05-0.31)]	0.233 ±0.030 [0.017 (0.002-0.032)]	0.375 ±0.413 [0.25 (0.17-0.38)]	0.137	0.169	0.182
2-4 hafta	0.19 ±0.178 [0.12 (0.08-0.31)]	0.05 ±0.033 [0.075 (0.003-0.188)]	0.148 ±0.021 [0.07 (0 -0.225)]	0.205 ±0.015 [0.15 (0.1-0.31)]	0.284	0.165	0.320
<b>VAS</b>							
0-2 hafta	-1.4 ±1.57 [-1 (0- -2.5)]	-1.1 ±0.994 [-1.5 (-2 - 0)]	-1.3 ±1.41 [-1 (-2.25- 0)]	-1.6 ±1.26 [-1.5 (-2.25 - -0.75)]	0.873	0.533	0.937
0-4 hafta	-1.3 ±1.33 [-2 (-2- -0.5)]	-1.4 ±1.64 [-1.5 (-2.25- -0.75)]	-1 ±0.816 [-1 (-2- 0)]	-1.8 ±1.68 [-1.5 (-3.2- -0.75)]	1.000	0.243	0.321
2-4 hafta	0.1 ±1.44 [0 (-1.25-1.25)]	-0.3 ±1.05 [0 (-1 - 0)]	0.3 ±1.05 [0 (0 -0.25)]	-0.2 ±1.13 [0 (-1 - 0.25)]	0.431	0.280	0.935

$p^1$ : Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

$p^2$ : Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

$p^3$ : Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

NIBS uygulamaları sonrası yan etkiler açısından gruplar incelendiğinde aktif rTMS grubunda bulunanların 2'si (%20) baş ağrısı; taklit rTMS grubunda bulunanların 1'i (%10) halsizlik; aktif tDCS grubunda bulunanların 1'i (%10) baş ağrısı, 1'i (%10) kas-iskelet sistemi ağrısı; taklit tDCS grubunda bulunanların 1'i (%10) baş ağrısı

şikâyeti bildirdi. NIBS uygulamaları sonrası ortaya çıkan yan etkiler açısından gruplar arası farklılık saptanmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.14).

**Tablo 4.14.** Gruplara göre NIBS uygulamaları sonrası yan etki durumu

	Aktif rTMS Grubu (n:10)	Taklit rTMS Grubu (n:10)	Aktif tDCS Grubu (n:10)	Taklit tDCS Grubu (n:10)	<i>p1</i>	<i>p2</i>	<i>p3</i>
<b>Yan etki varlığı</b>					0.542	0.542	1.000
<i>Baş ağrısı</i>	2 (%20)		1 (%10)	1 (%10)			
<i>Halsizlik</i>		1 (%10)					
<i>Kas – iskelet sistemi ağrısı</i>			1 (%10)				

$p^1$ : Aktif rTMS ve taklit rTMS gruplarının karşılaştırılması

$p^2$ : Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarının karşılaştırılması

$p^3$ : Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarının karşılaştırılması

## 5. TARTIŞMA

SKY sonrası rehabilitasyon sürecinin temel hedefleri kaybedilen motor fonksiyonların tekrar kazanılması ve ambulasyonun sağlanmasıdır. İnkomplet yaralanmalı hastalar bu açıdan önemli bir potansiyele sahiptir. Yaralanma sonrası meydana gelen kortikal ve subkortikal düzeydeki değişikliklerin reorganizasyonu rehabilitasyon sürecine katkı sağlayabilir (3).

İnkomplet SKY'li bireylerde fonksiyonel iyileşmeyi arttırmann yöntemlerinden biri inen kortikospinal yolakların aktivitesini sinaptik yeniden düzenleme ile arttırıp sağlam kalan nöronların işlevini arttırmaktır. Non invaziv beyin stimülasyon (NIBS) yöntemleri olan rTMS ve tDCS kortikospinal bağlantıları arttırmak için kullanılabilir. İnkomplet SKY sonrası rehabilitasyon sürecinde NIBS teknikleri son yıllarda yapılan çalışmalarda ön plana çıkmaktadır (101).

SKY sonrası yürüme fonksiyonlarını geliştirmek için konvansiyonel rehabilitasyon yöntemlerine ek olarak robotik rehabilitasyonun kullanımını giderek yaygınlaşmaktadır. Robotik rehabilitasyon, göreve spesifik ve tekrarlayıcı hareketlerin yapılması ile hastanın tedaviye katılımı ve performansını arttırmakla fonksiyonel iyileşmede önemli katkılar sağlayabilmektedir (62). Aynı zamanda robotik rehabilitasyon uygulamaları ile NIBS yöntemleri kombine edilerek kullanılabilir (63).

Tazoe ve ark. (102) tarafından 2015 yılında yayınlanan ve SKY hastalarında rTMS'nin etkinliğinin değerlendirildiği bir metaanalizde yüksek frekanslı rTMS'nin ABS'a göre alt ekstremitte motor skorlarında iyileşme sağlayabileceği bildirilmiştir. Yine aynı metaanalizde yüksek frekanslı rTMS'nin alt ekstremitte kaslarındaki spastisiteyi azaltabileceği de tespit edilmiştir. Ayrıca yüksek frekanslı başta olmak üzere rTMS protokollerinin SKY sonrası meydana gelen nöropatik ağrıyı azaltmada da etkili olabileceği bu çalışmada bildirilmiştir.

Gündüz ve ark. (101) 2017 yılında yayınladıkları bir metaanalizde NIBS yöntemlerinin SKY'li bireylerde fonksiyonel iyileşme üzerine etkisini incelenmiştir. Bu çalışmada paraplejik hastalara uygulanan yüksek frekanslı uygulamaların alt ekstremitte ve yürüme fonksiyonlarını arttırabileceği gösterilmiştir. Aynı çalışmada

anodal tDCS uygulamasının alt ekstremitte motor fonksiyonları ile yürüme üzerine iyileştirici etkilerinin olabileceği bildirilmiştir.

Literatürde kronik dönem SKY'li hastalarda yürüme fonksiyonlarını arttırmak amacıyla NIBS yöntemleri olan rTMS ve tDCS ile robotik rehabilitasyon tedavisinin kombine şekilde uygulandığı çalışmaların sayısı azdır((5, 90, 100, 103). Çalışmamız, robotik rehabilitasyon ile kombine edilen sham kontrollü aktif rTMS ve robotik rehabilitasyon ile kombine edilen sham kontrollü aktif tDCS tedavilerinin etkinliğinin değerlendirildiği ve birbirleriyle kıyaslandığı ilk çalışma olma özelliği taşımaktadır.

Benito ve ark. tarafından (3) yüksek frekanslı rTMS'nin inkomplet SKY'li hastalarda alt ekstremitte motor skorları üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada 15 seans boyunca çalışmamızla benzer stimülasyon protokolü uygulanmış olup SKY tarihinden itibaren 3 ila 12 arasında süre geçmiş olan aktif tedavi grubunda alt ekstremitte motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı bir artışın olduğu ancak taklit grubunda iyileşmenin anlamlı farklılık göstermediği bildirilmiştir. Bizim çalışmamızda alt ekstremitte motor skorları açısından aktif rTMS ve taklit rTMS tedavilerini alan gruplarda istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir. Tedavi bitiminden 2 hafta sonraki değerlendirmede aktif rTMS grubunda istatistiksel olarak anlamlı artışın devam ettiği gözlenmiştir. NIBS yöntemlerinin uzun süreli etkilerinin gözlenebilmesi için uzun takip süreli çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca robotik rehabilitasyonun NIBS yöntemleri ile kombine edildiğinde nöronal plastisiteyi arttırabileceği düşünülebilir.

Kumru ve ark.nın (100) 2016 yılında randomize çift kör taklit kontrollü olarak planladıkları çalışmada SKY'li hastalarda alt ekstremitte robotik rehabilitasyon (Lokomat) ile kombine edilen rTMS'nin yürüme üzerine etkisi incelenmiştir. Travmatik ve non – travmatik nedenlere bağlı SKY olup olay tarihinden itibaren henüz 6 ay geçmemiş 34 hasta aktif ve taklit stimülasyon olarak eşit iki gruba ayrılmıştır. Aktif tedavi alan gruba 4 hafta boyunca toplam 20 gün alt ekstremitte primer motor alanına karşılık gelen verteks bölgesi hedeflenerek, 20 dakika süren ve seans boyunca 28'er saniye aralıklarla uygulanacak 2 saniye boyunca 20 Hz frekansta toplam 1800 atımdan oluşan yüksek frekanslı rTMS uygulaması uygulanmıştır. Her iki gruptaki hastalara da rTMS seansları sonrası Lokomat ile yürüyüş eğitimi ve konvansiyonel

rehabilitasyon programı uygulanmış. Hastalar tedavi öncesinde, 4 haftalık rTMS tedavisinin sonunda ve son seansın bitiminden 4 hafta sonra fonksiyonel durum, üst ve alt ekstremit motor skorları açısından değerlendirilmiştir. Tedavi sonrası yapılan değerlendirmede her iki grupta da alt ekstremit motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu, aktif grupta alt ekstremit total motor skorlarındaki artışın istatistiksel olarak daha anlamlı olduğu ve tedaviden 4 hafta sonraki değerlendirmede yalnızca aktif grupta motor iyileşmenin devam ettiği gösterilmiştir. Akut ve subakut dönemdeki travmatik ve non – travmatik nedenlere bağlı gelişmiş SKY’li hastalarda 20 seansı çift koni şekilli coil ile aktif veya taklit rTMS ile beraber, diğer 20 seansı tek başına devam eden robotik rehabilitasyon uygulamaları alt ekstremit motor skorları açısından kısa dönem değerlendirmesinde olduğu gibi uzun dönemde de iyileşme sağlayabilir.

Kesikburun ve ark. (104) tarafından 2023 yılında yayınlanan randomize çift kör taklit kontrollü çalışmada travmatik nedenlere bağlı ve olay tarihinden en az 1 yıl geçmiş inkomplet SKY’li hastalarda rTMS’nin motor iyileşme ve yürüme parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. 28 hasta aktif ve taklit stimülasyon alan iki gruba ayrılmış olup aktif gruptaki hastalara 3 hafta boyunca toplam 15 gün alt ekstremit primer motor alanına karşılık gelen verteks bölgesi hedeflenerek, 20 Hz frekansta yüksek frekanslı rTMS uygulaması uygulanmış. Hastaların tedavi öncesi, üç haftalık tedavi bitimi ve tedavi bitiminden iki hafta sonra ABS’a göre alt ekstremit motor skorları ölçülmüştür. Aktif stimülasyon uygulanan hastalarda tedavi sonrasında ve tedavi bitiminden 2 hafta sonra alt ekstremit motor skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı artış bildirilmiştir. Taklit grupta kontrol periyodlarının herhangi birinde istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmemiştir. Çalışmamızda olduğu gibi 8 şekilli coil kullanılan çalışmada NIBS yöntemleri robotik rehabilitasyon uygulamaları ile kombine edilmemiştir. Aktif rTMS’nin hem erken hem de geç dönemde daha etkin olduğu, taklit rTMS’nin robotik rehabilitasyon vb. tedaviler ile kombine edilmediğinde etkisiz olduğu düşünülmüştür.

Yamaguchi ve ark.’nın (105) 2016’da anodal tDCS’in SKY’li hastaların motor fonksiyonları üzerine etkisini inceledikleri taklit kontrollü çalışmada 11 kronik inkomplet SKY’li hastaya dominant hemisferdeki primer motor korteks (M1) hedeflenerek 1 mA’lık anodal stimülasyon ve common peroneal sinir üzerine 100

Hz'lik 20 dakika süren elektrik stimülasyonu uygulanmıştır. Hastalar seans bitimi, bitiminden 10 ve 20 dakika sonra değerlendirilmiştir. Sağlıklı gönüllüler ile kıyaslandığında anodal tDCS ve elektrik stimülasyonunun SKY'li hastalarda kas gücünde ve motor iyileşmede anlamlı ölçüde etkili olduğu gösterilmiştir. Anodal tDCS ve elektrik stimülasyonunun kombine edildiğinde motor fonksiyon üzerine olumlu etkileri olabileceği görülse de uzun dönem sonuçlar belirlenememiştir. Çalışmamızda aktif tDCS alan grupta alt ekstremitte motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır.

Raithatha ve ark.'nın (103) 2016'da yayınladıkları çift kör plasebo kontrollü olarak planladıkları çalışmada inkomplet SKY'li hastalarda alt ekstremitte robotik rehabilitasyon ve tDCS'in motor iyileşme ve yürüme parametreleri üzerine etkisini incelemiştir. Travmatik nedenlere bağlı SKY olup olay tarihinden itibaren en az 12 ay geçmiş 15 hastadan 9'u aktif 6'sı taklit stimülasyon grubuna alınmıştır. Aktif tDCS grubundaki hastalara 12 hafta boyunca toplam 36 seans alt ekstremitte primer motor alanına karşılık gelen verteks bölgesi hedeflenerek, 20 dakika süren ve 2 mA'lık anodal tDCS uygulaması yapılmış. Her iki gruptaki hastalara da Lokomat ile yürüyüş eğitimi ve konvansiyonel rehabilitasyon programı uygulanmış. Hastalar tedavi öncesinde, 12 haftalık tDCS tedavisinin sonunda ve son seansın bitiminden 4 hafta sonra fonksiyonel durum ve alt ekstremitte motor skorları açısından değerlendirilmiştir. Alt ekstremitte motor skorları her iki grupta da artmış olmakla birlikte iki grup kıyaslandığında aktif tDCS grubundaki hastalarda anlamlı ölçüde daha fazla artış saptanmıştır. Çalışmamızdan elde edilen bulgular literatürdeki mevcut çalışmaların sonuçlarını destekler niteliktedir (5, 109) Uzun dönem takiplerinde de daha fazla sayıda seans olarak uygulanan aktif anodal tDCS'in etkinliğinin gösterilmiş olması bir sonraki araştırmalarda yol gösterici olabilir.

Araujo ve ark.'nın (106) 2020 yılında inkomplet SKY'li hastalara uygulanan anodal tDCS'in motor iyileşme ve fonksiyonel durum üzerine etkisini inceleyen 6 çalışmanın dahil edildiği bir metaanalizde derledikleri bir metaanalizde anodal uyarımın alt ekstremitte motor skorlarını kısmen arttırdığı ancak taklit tDCS ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermediği bildirilmiştir. Anlamlı artış gösterilmese de tDCS uygulaması potansiyel olarak fayda sağlayabilir.



Az sayıda olan ve örneklem büyüklüğü dar çalışmaların incelenmiş olması da bu sonuçta etkili olabilir.

Kumru ve ark.' (5) 2016 yılında randomize çift kör plasebo kontrollü olarak planladıkları çalışmada inkomplet SKY'li hastalarda alt ekstremitte robotik rehabilitasyon (Lokomat) ile kombine edilen tDCS'in motor iyileşme ve yürüme üzerine etkisini incelemiştir. Travmatik ve non – travmatik nedenlere bağlı SKY olup olay tarihinden itibaren henüz 12 ay geçmemiş 24 hasta real ve taklit olarak eşit iki gruba ayrılmıştır. Aktif tedavi alan gruba 4 hafta boyunca toplam 20 gün alt ekstremitte primer motor alanına karşılık gelen verteks bölgesi hedeflenerek, 20 dakika süren ve 2 mA'lık tDCS uygulaması yapılmış. Her iki gruptaki hastalara da tDCS seansları sonrası Lokomat ile yürüyüş eğitimi ve konvansiyonel rehabilitasyon programı uygulanmış. Hastalar tedavi öncesinde, 4 haftalık tDCS tedavisinin sonunda ve son seansın bitiminden 4 hafta sonra fonksiyonel durumları ve alt ekstremitte motor skorları değerlendirilmiştir. Her iki grupta da alt ekstremitte motor skorlarında anlamlı ölçüde artış olduğu ve grupların birbirlerine üstünlük göstermediği bildirilmemiştir. Çalışmamızda da bu çalışmaya benzer olarak alt ekstremitte total motor skorları açısından hem aktif hem taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir.

Çalışmamızda ABS'a göre alt ekstremitte total motor skorların tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında ise, robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif rTMS, robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit rTMS, robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif tDCS ve robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur. Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonrasında başlangıca göre alt ekstremitte total motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur.

Gunduz ve ark. (107) tarafından 2014 yılında yayınlanan bir metaanalizde NIBS yöntemlerinin SKY sonrası ortaya çıkan spastisite üzerine etkilerini inceleyen araştırmalar derlenmiştir. rTMS'nin etkinliğini araştıran 6 çalışmanın sonuçları incelendiğinde 1 Hz üstü frekanslarda verteks üzerine yüksek frekanslı ardışık rTMS uygulamalarının alt ekstremitte spastisitesi üzerine olumlu sonuçları olabileceği ve

haftalık kontrollerde bu etkinin devam edebileceği gözlenmiştir. tDCS'nin SKY sonrası spastisite üzerine etkisini araştıran çalışmalar oldukça az sayıda olup spastisite daha çok ikincil sonuç olarak incelenmiştir.

Kumru ve ark.'nın (108) inkomplet spinal kord hasarı sonrası hastalara uygulanan rTMS'nin alt ekstremitte kasları spastisitesindeki değişimi inceledikleri çalışmada hastalar iki gruba ayrılıp aktif gruba 5 gün boyunca alt ekstremitte motor alanı hedeflenerek 20 Hz'lik yüksek frekanslı uygulama yapılmıştır. Taklit gruba göre aktif grupta MAS'a göre spastisitede anlamlı ölçüde azalma olduğu gözlenmiştir. Bu azalma tedaviden bir hafta sonraki değerlendirilmede de gösterilmiştir. Bu çalışmaya bizim çalışmamızdan farklı olarak alt ekstremitte kaslarında MAS'a göre en az 2 olan hastalar dâhil edilmiş olup elektrofizyolojik ölçümler de yapılmıştır. Spastisite tedavisinde kullanılan ilaçların da bu azalmaya etki edebileceği düşünülmüştür. Hastalar arasında elektrofizyolojik olarak spastisite azalmasına ait bulgular elde edilememiştir. Araştırmaya spastisite düzeyi daha yüksek olan hastaların dahil edilmesi yüksek frekanslı rTMS'nin etkinliğini daha iyi ortaya koyacaktır. Ayrıca spastisite tedavisine yönelik aldığı medikal tedaviler de bu duruma etki edebilmektedir.

Benito ve ark. tarafından (3) yüksek frekanslı rTMS'nin inkomplet SKY'li 17 hastanın tedavi öncesi, tedavi bitimi ve tedavi bitiminden 2 hafta sonra değerlendirdiği çalışmada aktif grupta taklit gruba göre MAS skorlarında azalma olduğu ve bu etkinin tedavi bitiminden 2 hafta sonra da devam ettiği gösterilmiştir. Motor iyileşmeye ve fonksiyonel kazanımlara sekonder olarak kas tonusunda düzelme sağlanabileceği düşünülse de robotik rehabilitasyon ile kombine edilen rTMS'nin etkisini gösterebilmek adına daha uzun takip süreleri ve geniş örneklem grupları olan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kumru ve ark. (100) tarafından yapılan çalışmada SKY'li hastalarda alt ekstremitte robotik rehabilitasyon (Lokomat) ile kombine edilen rTMS'nin MAS'a göre spastisitede her iki grupta da anlamlı değişiklik göstermediği sonucuna varılmıştır. Çalışmamızda akut-subakut dönem SKY'li hastalarda rTMS'nin etkinliği incelenmemiş olsa da çok sayıda seans olarak uygulanan robotik tedavinin spastisite üzerinde azaltıcı etkiye sahip olmadığı düşünülebilir.

Kesikburun ve ark. (104) tarafından yayınlanan çalışmada travmatik nedenlere bağlı ve kronik inkomplet SKY'li hastalarda uygulanan yüksek frekanslı rTMS sonrası MAS'a göre spastisite düzeyleri açısından iki grup arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı saptanmış. Çalışmamızda olduğu gibi rTMS'nin spastisiteyi azaltma açısından etkisinin az olduğu görülmüştür. Bu durum çalışmaya dahil edilen hastaların tedavi öncesi spastisite düzeylerinin yüksek olmamasından kaynaklanmış olabilir.

Çalışmamızda MAS'a bilateral alt ekstremitte kaslarındaki spastisite düzeylerinin tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmamıştır. Ayrıca gruplar arası karşılaştırmada MAS'a göre bilateral alt ekstremitte kaslarında spastisite düzeylerindeki değişim miktarının da istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık taşımadığı görülmüştür. Çalışmada elde ettiğimiz bulgular robotik rehabilitasyon ile kombine edilen rTMS ve tDCS'nin SKY sonrası alt ekstremitte kaslarındaki spastisite düzeyi üzerine etkisi ile ilgili literatürdeki mevcut sonuçları(3,100,104) destekler niteliktedir.

Benito ve ark. tarafından (3) yüksek frekanslı rTMS'nin inkomplet SKY'li hastalarda yürüyüş parametreleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada aktif grupta taklit gruba göre 10 metre yürüyüş testine göre yürüyüş hızında istatistiksel olarak anlamlı şekilde artma olduğu ve bu etkinin tedavi bitiminden 2 hafta sonra da devam ettiği gösterilmiştir. Taklit grupta da adım genişliği ve zamanlı kalk yürü testinde anlamlı artışın olduğu gösterilmiştir. Her iki grupta da WISCI II değerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Robotik yardımcı yürüyüş eğitiminin WISCI – II skorlarında artış sağlayarak fonksiyonelliği arttırabileceği çalışmamızda görülmüştür.

Kumru ve ark.nın (100) SKY'li hastalarda Lokomat ile kombine edilen rTMS'nin etkinliğini inceledikleri çalışmada 10 metre yürüyüş testinde aktif grupta daha fazla iyileşme gözlenirse de taklit gruba göre anlamlı farklılık saptanmamıştır. WISCI – II, yürüme hızı ve kadans açısından her iki grupta benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Aktif rTMS grubunda yürüme hızındaki artışın daha fazla olmasının nedeni yürüme ile ilişkili supraspinal merkezlerin stimüle edilmesi olabilir.

Çalışmamızda aktif rTMS'nin yürüyüş parametreleri ve fonksiyonellik üzerine etkisi tedavi sonrası 2.hafta da gösterilmiştir.

Kesikburun ve ark. (104) tarafından yapılan araştırmada yüksek frekanslı aktif rTMS uygulanan hastalarda 10 metre yürüyüş testi ve yürüme hızında anlamlı gelişme gösterilmiş. WISCI – II değerleri açısından iki grup arasında anlamlı bir farklılığın olmadığı saptanmıştır. Yürüme kapasitesini ve fonksiyonelliği değerlendiren WISCI – II skalasında yardımcı cihaz kullanımı arttıkça skor azalmaktadır. Bu çalışmada motor iyileşme görülse de yardımcı cihaz kullanımı aynı oranda azalmamıştır. Bizim çalışmamızda ise yürüyüş eğitimi ve aktif stimülasyonun tedaviden sonraki değerlendirmelerde fonksiyonelliği arttırıp WISCI – II skorlarını arttırabileceği gözlenmiştir.

Kumru ve ark.' (5) inkomplet SKY'li hastalarda Lokomat ile kombine edilen tDCS'in WISCI – II skorları ve 10 metre yürüyüş testi açısından gruplar arasında anlamlı farklılık oluşturmadığını göstermiştir. Erken dönemde ve çeşitli nedenlere bağlı gelişmiş SKY sonrası hastalarda uygulanan anodal uyarım etkisiz bulunmuştur. Çalışmamızda hem aktif hem de taklit tDCS tedavilerini alan gruplarda yürüme hızı artmış olup bu durum robotik yardımcı yürüyüş eğitimi nedeniyle olabilir.

Raithatha ve ark.' (103) yaptıkları çalışmada inkomplet SKY'li hastalarda alt ekstremitte robotik rehabilitasyon ve tDCS'in 10 metre yürüyüş testi ve 6 dakika yürüme testi açısından her iki grupta da gelişmeye yol açmış olsa da grupların birbirlerine üstünlükleri olmadığını saptamıştır. Çalışmamızla benzer sonuçları olan bu araştırmada daha fazla sayıda uygulanan robotik tedavi ile kombine edilen tDCS uygulanmış olsa da her iki grupta da yürüme fonksiyonları artmıştır.

Simis ve ark.nın (109) 2021 yılında yayınladıkları randomize çift kör kontrollü çalışmada travmatik nedenlere bağlı gelişen inkomplet kronik SKY'li hastalarda alt ekstremitte robotik rehabilitasyon(Lokomat) ile kombine edilen tDCS'in yürüme üzerine etkisi incelenmiştir. 43 hasta aktif ve taklit stimülasyon olarak iki gruba ayrılmıştır. Aktif tedavi alan gruba M1 üzerinden 30 seans anodal 2 mA tDCS uygulaması yapılmıştır. Her iki gruptaki hastalara da tDCS seansları sonrası 30 seans Lokomat ile yürüyüş eğitimi yapılmıştır. Hastalar tedavi öncesinde, 15 seans sonunda, 30 seanslık tedavinin bitiminde ve tedavi bitiminden 3 ay sonra sonra fonksiyonel

durum, WISCI – II ve 10 metre yürüyüş testi açısından değerlendirilmiştir. Tedavi öncesi ve tedavi sonrası yapılan değerlendirmede hem aktif hem de taklit stimülasyon uygulanan grupta WISCI – II skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış olduğu, gruplar kıyaslandığında aktif grupta artışın daha fazla olduğu bildirilmiştir. Bu etki tedaviden sonraki 3.ayda da gösterilmiştir. 15 seans sonundaki yapılan değerlendirmede her iki grupta da istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır.

Çalışmamızda WISCI – II skorlarının tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS ve taklit tDCS gruplarında istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur. Aktif tDCS grubunda ise grup içi karşılaştırmada anlamlı artış bulunmamıştır. Aktif rTMS grubunda tedaviden 4 hafta sonrasında başlangıca göre WISCI – II skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur. Literatür incelendiğinde robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif tDCS uygulamasının seans sayısı arttırıldığında fonksiyonellik üzerinde daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmektedir (109)

Ayrıca gruplar arası karşılaştırmada WISCI – II skorundaki değişimlerin farklılığı açısından yapılan istatistiksel analizde tedavi başlangıcı ile 4.hafta arasındaki değişim miktarı açısından aktif rTMS grubu taklit rTMS ve aktif tDCS grupları ile kıyaslandığında aktif rTMS grubunda istatistiksel olarak daha anlamlı değişim olduğu görülmüştür.

10 metre yürüyüş testi değerleri açısından çalışmamızda tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS grubunda istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur. Aktif rTMS grubunda açısından tedaviden 2 hafta ve 4 hafta sonrasında başlangıca göre 10 metre yürüyüş testi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur. Taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonrasında başlangıca göre 10 metre yürüyüş testi değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı artış bulunmuştur. Mevcut bulgular incelendiğinde yürüme fonksiyonlarında görülen bu düzelmede alt ekstremitelerde robotik rehabilitasyon uygulamalarının da önemli bir yerinin olduğu düşünülmüştür.

Gruplar arası karşılaştırmada 10 metre yürüyüş testi değerlerindeki değişimlerin analizinde bu düzeylerin tedavi başlangıcı ile tedavi bitimi arasındaki

değişim miktarı, tedavi başlangıcı ile 4. hafta arasındaki değişim miktarı ve tedavi bitimi ile 4. haftadaki değişim miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, SKY'li hastalarda nöropatik ağrının tedavisi için yüksek frekanslı rTMS uygulamalarında; uyarım bölgesi, atım sayısı ve frekans farklılıkları mevcut olup tedavi etkinliğinde de farklı sonuçlar olduğu görülmüştür. Yılmaz ve ark.(110) yaptığı taklit kontrollü çalışmada verteks üzerinden 10 seans uygulama yapılmış olup 10 Hz. frekans ile toplam 1500 atım uygulanmıştır. Aktif rTMS ve taklit gruplarında VAS skoru azalmış bulunup yalnızca aktif rTMS grubunda bu etki 6 hafta sonra gösterilebilmiştir. Aktif rTMS ve taklit uyarımın birbirlerine üstünlükleri gösterilememiştir.

Shen ve ark'nın (111) 2020'de yayınladıkları bir metaanalizde NIBS yöntemlerinin SKY sonrası ortaya çıkan nöropatik ağrı üzerine etkinliğini inceleyen çalışmalar derlenmiştir. rTMS'nin etkinliğini araştıran çalışmalar incelendiğinde aktif rTMS'nin ağrı düzeylerini azalttığı gösterilse de taklit grup ile karşılaştırma yapıldığında anlamlı farklılık saptanmamıştır. Dominant hemisfer M1 üzerine uygulanan tDCS'in istatistiksel olarak anlamlı ölçüde analjezik etki göstermediği belirlenmiştir.

Defrin ve ark. (112) yayınladığı taklit kontrollü bir başka çalışmada ise yine verteks üzerinden 5 Hz'lik 10 seans uygulama yapılmıştır. Hem aktif rTMS hem de taklit gruplarında VAS skorunda benzer, anlamlı bir düşüş saptanmıştır. Tedaviden 2-6 hafta sonraki VAS takiplerinde ise, aktif rTMS grubunda ağrıda %30 azalma, taklit grubunda ise ağrıda %10 azalma olduğu gösterilmiştir.

Ngeryman ve ark. (113) 2015 yılında yayınlanan ve tDCS'in ağrı üzerine etkinliğini inceledikleri çalışmada dominant hemisfer M1 alanı hedeflenerek yapılan anodal stimülasyonun taklit uyarıma göre ağrı yoğunluğunu azalttığı gösterilmiştir.

Araştırmamızda VAS'a göre ağrı skorlarının tedavi öncesi, tedavi bitimi ve 4. haftadaki düzeylerinin grup içi karşılaştırmasında, aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında istatistiksel olarak anlamlı iyileşme bulunmuştur. Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonrasında başlangıca göre VAS'a

göre ağrı skorları açısından istatistiksel olarak anlamlı azalma bulunmuştur. Taklit tDCS grubunda tedaviden 2 hafta sonra da istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür.

Gruplar arası karşılaştırmada ise VAS açısından yapılan analizde tedavi başlangıcı ile tedavi bitimi arasında değişim bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Taklit stimülasyon gruplarındaki hastalarda da ağrının azalmış olması NIBS yöntemlerinin ağrının emosyonel komponenti üzerindeki etkili olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmamızda mevcut literatüre benzer şekilde baş ağrısı, kas iskelet sistemi ağrısı gibi hafif yan etkiler görülmüş olup nöbet, senkop gibi ciddi yan etkiler görülmemiştir.

Yaptığımız bu çalışmada alt ekstremitte robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan rTMS ve tDCS tedavilerinin SKY hastalarında motor iyileşme ve yürüyüş parametreleri üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere bakıldığında; robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif rTMS ve aktif tDCS ile robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit rTMS ve taklit tDCS tedavileri sonrası alt ekstremitte total motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir. Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonrasında da bu artış istatistiksel olarak gösterilmiştir.

WISCI – II skorları açısından bakıldığında aktif rTMS tedavisinin hem taklit rTMS hem de aktif tDCS'a göre üstün olduğu gösterilmiştir. Ayrıca robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit tDCS'in robotik tedavi ile kombine edilen aktif tDCS'e göre WISCI – II skorları açısından üstün olduğu gösterilmiştir.

10 metre yürüyüş testi değerleri açısından değerlendirildiğinde aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonra başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür. Aktif rTMS grubunda bu artış tedaviden 2 hafta sonra da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

VAS'a göre ağrı düzeyi açısından değerlendirildiğinde aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür. Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında tedaviden sonraki 4. Hafta bu azalma gösterilmiş olup taklit grubunda ayrıca başlangıçtan 2 hafta sonrasında meydana gelen azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Çalışmamızın güçlü yönleri;

- Hem robotik rehabilitasyon ile kombine edilen sham kontrollü rTMS hem de robotik rehabilitasyon ile kombine edilen sham kontrollü tDCS tedavilerinin motor iyileşme ve yürüme üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi ve bu iki grubun birbiriyle kıyaslandığı bilindiği kadarıyla literatürdeki ilk çalışma olması
- NIBS yöntemlerinin SKY'li hastalarda yaralanması sonrası görülen ağrı ve spastisite üzerine olan ikincil etkilerinin belirlenmesi

Çalışmanın kısıtlılıkları;

- Hastaların uzun dönem takiplerinin yapılmamış olması nedeniyle NIBS yöntemlerinin uzun süreli potansiyelizasyon ve uzun süreli depresyon etkilerinin tam olarak ortaya konulamaması



## 6. SONUÇ

Çalışmamızda elde edilen verilere bakıldığında; robotik rehabilitasyon ile kombine edilen aktif rTMS ve aktif tDCS ile robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit rTMS ve taklit tDCS tedavileri sonrası alt ekstremitte total motor skorlarında istatistiksel olarak anlamlı artış gözlenmiştir. Aktif rTMS ve aktif tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonrasında da bu artış istatistiksel olarak gösterilmiştir.

WISCI – II skorları açısından bakıldığında aktif rTMS tedavisinin hem taklit rTMS hem de aktif tDCS'a göre üstün olduğu gösterilmiştir. Ayrıca robotik rehabilitasyon ile kombine edilen taklit tDCS'in robotik tedavi ile kombine edilen aktif tDCS'e göre WISCI – II skorları açısından üstün olduğu gösterilmiştir.

10 metre yürüyüş testi değerleri açısından değerlendirildiğinde aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında tedaviden 4 hafta sonra başlangıca göre istatistiksel olarak anlamlı artış görülmüştür. Aktif rTMS grubunda bu artış tedaviden 2 hafta sonra da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

VAS'a göre ağrı düzeyi açısından değerlendirildiğinde aktif rTMS, taklit rTMS, aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında istatistiksel olarak anlamlı azalma görülmüştür. Aktif tDCS ve taklit tDCS gruplarında tedaviden sonraki 4. Hafta bu azalma gösterilmiş olup taklit grubunda ayrıca başlangıçtan 2 hafta sonrasında meydana gelen azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Spastisite değerlendirmesinde tedavi gruplarının hiçbirinde alt ekstremitte MAS skorlarında istatistiksel olarak anlamlı değişim saptanmamıştır.

Çalışmamızın sonuçları değerlendirildiğinde inkomplet kronik SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan rTMS'nin alt ekstremitte motor skor, fonksiyonellik ve yürüyüş parametreleri açısından sadece robotik rehabilitasyon uygulamasına göre üstünlük sağlayabileceği gösterilmiştir. İnkomplet kronik SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan tDCS'in motor iyileşme açısından etkili olabileceği gösterilmiştir.

Çalışmamız kronik inkomplet SKY'li hastalarda robotik rehabilitasyon ile birlikte uygulanan rTMS ve tDCS tedavisinin etkinliğinin karşılaştırıldığı literatürde

bilinen ilk çalışmadır. rTMS ve tDCS ile birlikte uygulanan robotik rehabilitasyonun motor iyileşme ve yürüme üzerine etkisini ortaya koymak için daha geniş örneklem grupları ve daha uzun takip süreleri olan çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



## 7. KAYNAKLAR

1. Cripps RA, Lee BB, Wing P, Weerts E, Mackay J, Brown D. A global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: towards a living data repository for injury prevention. *Spinal Cord*. 2011;49(4):493-501.
2. Belci M, Catley M, Husain M, Frankel HL, Davey NJ. Magnetic brain stimulation can improve clinical outcome in incomplete spinal cord injured patients. *Spinal Cord*. 2004;42(7):417-9.
3. 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.
4. Retraction of "Effects of High-Frequency Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation on Motor and Gait Improvement in Incomplete Spinal Cord Injury Patients". *Neurorehabil Neural Repair*. 2014;28(5):504.
5. Kumru H, Murillo N, Benito-Penalva J, Tormos JM, Vidal J. Transcranial direct current stimulation is not effective in the motor strength and gait recovery following motor incomplete spinal cord injury during Lokomat(®) gait training. *Neurosci Lett*. 2016;620:143-7.
6. Dixon TM, Budd MA. Spinal Cord Injury. In: Budd MA, Hough S, Wegener ST, Stiers W, editors. *Practical Psychology in Medical Rehabilitation*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 127-36.
7. Donovan WH. Donald Munro Lecture. Spinal cord injury--past, present, and future. *J Spinal Cord Med*. 2007;30(2):85-100.
8. Ditunno JF DW, Oleson CV. History of spinal cord injury (SCI) medicine. Kirshblum SCLin VW Spinal cord medicine Demos Medical Publishing New York. 2019.
9. Furlan JC, Sakakibara BM, Miller WC, Krassioukov AV. Global incidence and prevalence of traumatic spinal cord injury. *Can J Neurol Sci*. 2013;40(4):456-64.
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. Bickenbach J, Officer A, Shakespeare T, von Groote P, World Health O, The International Spinal Cord S. *International perspectives on spinal cord injury / edited by Jerome Bickenbach ... [et al]*. Geneva: World Health Organization; 2013 2013.

12. Lee BB, Cripps RA, Fitzharris M, Wing PC. The global map for traumatic spinal cord injury epidemiology: update 2011, global incidence rate. *Spinal Cord*. 2014;52(2):110-6.
13. Thietje R, Hirschfeld S. Epidemiology of Spinal Cord Injury. In: Weidner N, Rupp R, Tansey KE, editors. *Neurological Aspects of Spinal Cord Injury*. Cham: Springer International Publishing; 2017. p. 3-17.
14. Karacan I, Koyuncu H, Pekel O, Sümbüloğlu 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.
15. B.Erhan BG. *Tıbbi Rehabilitasyon*. H.Oğuz, editor2015. 461 p.
16. Spinal cord injury facts and figures at a glance. *J Spinal Cord Med*. 2013;36(1):1-2.
17. Burhan Koçyiğit MA, Özlem Altındağ ,Ali Aydeniz , Savaş Gürsoy , Ali Gür Epidemiological and clinical data of patients with spinal cord injury: Five-year experience of our center. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*. 2015.
18. van den Berg ME, Castellote JM, Mahillo-Fernandez I, de Pedro-Cuesta J. Incidence of spinal cord injury worldwide: a systematic review. *Neuroepidemiology*. 2010;34(3):184-92; discussion 92.
19. Alaca R. Bölüm 8: Omurilik yaralanmasında Rehabilitasyon, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon M.Beyazova YGK, editor. *Güneş Tıp Kitabevleri*2016 2393 p.
20. Thomas N. Bryce H, Miguel X. Escalon. Chapter 49 : Spinal cord Injury Cifu DX, editor2021.
21. Michael J. Lyerly AKB, David S. Geldmacher. Chapter 69: Spinal Cord Vascular Disease, Bradley and Daroff's *Neurology in Clinical Practice*. Elsevier2021.
22. McDonald JW, Sadowsky C. Spinal-cord injury. *Lancet*. 2002;359(9304):417-25.
23. Perry VH, Andersson PB, Gordon S. Macrophages and inflammation in the central nervous system. *Trends Neurosci*. 1993;16(7):268-73.
24. Wilson JR, Forgiione N, Fehlings MG. Emerging therapies for acute traumatic spinal cord injury. *Cmaj*. 2013;185(6):485-92.
25. Marcin Partyka JDE, Shanker Nesathurai. *Essentials of Physical Medicine and Rehabilitation*. Frontera WR, MD, PhD, MA (Hon.), FRCP, editor2019.
26. Finnerup NB. Pain in patients with spinal cord injury. *Pain*. 2013;154 Suppl 1:S71-s6.

27. Eldahan KC, Rabchevsky AG. Autonomic dysreflexia after spinal cord injury: Systemic pathophysiology and methods of management. *Auton Neurosci*. 2018;209:59-70.
28. Dobkin BH. 27 Paraplegia and Spinal Cord Syndromes Bradley and Daroff's Neurology in Clinical Practice, 2-Volume Set. Elsevier2022.
29. Kirshblum S, Snider B, Rupp R, Read MS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2020;31(3):319-30.
30. Yilmaz Yalcinkaya E. Updates in ASIA Examination: Sensory Examination. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2015;61:6-9.
31. Erhan B. Updates in ASIA Examination: Definitions. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2015;61:4-5.
32. Kirshblum S, Snider B, Eren F, Guest J. Characterizing Natural Recovery after Traumatic Spinal Cord Injury. *J Neurotrauma*. 2021;38(9):1267-84.
33. Scivoletto G, Tamburella F, Laurenza L, Torre M, Molinari M. Who is going to walk? A review of the factors influencing walking recovery after spinal cord injury. *Frontiers in Human Neuroscience*. 2014;8.
34. Hardin EC, Kobetic R, Triolo RJ. Ambulation and spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2013;24(2):355-70.
35. Behrman AL, Harkema SJ. Physical rehabilitation as an agent for recovery after spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2007;18(2):183-202, v.
36. Raineteau O, Schwab ME. Plasticity of motor systems after incomplete spinal cord injury. *Nat Rev Neurosci*. 2001;2(4):263-73.
37. Oudega M, Perez MA. Corticospinal reorganization after spinal cord injury. *J Physiol*. 2012;590(16):3647-63.
38. Berlly M, Shem K. Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*. 2007;30(4):309-18.
39. Hagen EM, Rekand T, Grønning M, Færeststrand S. Cardiovascular complications of spinal cord injury. *Tidsskr Nor Laegeforen*. 2012;132(9):1115-20.

40. Phillips WT, Kiratli BJ, Sarkarati M, Weraarchakul G, Myers J, Franklin BA, et al. Effect of spinal cord injury on the heart and cardiovascular fitness. *Curr Probl Cardiol.* 1998;23(11):641-716.
41. Teasell RW, Hsieh JT, Aubut JA, Eng JJ, Krassioukov A, Tu L. Venous thromboembolism after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(2):232-45.
42. Dorsher PT, McIntosh PM. Neurogenic bladder. *Adv Urol.* 2012;2012:816274.
43. Johns JS, Krogh K, Ethans K, Chi J, Querée M, Eng JJ, et al. Pharmacological Management of Neurogenic Bowel Dysfunction after Spinal Cord Injury and Multiple Sclerosis: A Systematic Review and Clinical Implications. *J Clin Med.* 2021;10(4).
44. Bardak, A.N., et al., Omurilik Yaralanmalı Hastalarda Bası Yarası Sıklığı ve Risk Faktörlerinin Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Turkiye Fiziksel Tip ve Rehabilitasyon Dergisi*, 2010. 56(1).
45. Abdelrahman S, Ireland A, Winter EM, Purcell M, Coupaud S. Osteoporosis after spinal cord injury: aetiology, effects and therapeutic approaches. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2021;21(1):26-50.
46. Krassioukov A, Elliott S. Neural Control and Physiology of Sexual Function: Effect of Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil.* 2017;23(1):1-10.
47. Mukai A, Costa JL. The effect of modafinil on self-esteem in spinal cord injury patients: a report of 2 cases and review of the literature. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(9):1887-9.
48. Frontera, Walter R., and Joel A. DeLisa. *Physical Medicine & Rehabilitation: Principles and Practice.* 5th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, 2010, p.1319-1344.
49. Erhan B, Koçer S. Omurilik yaralanmalı hastalarda spastisiteye yaklaşım. *Turk J Phys Med Rehab* 2012; 58 (1): 21-7.
50. Bryce TN, Biering-Sørensen F, Finnerup NB, Cardenas DD, Defrin R, Lundeberg T, et al. International spinal cord injury pain classification: part I. Background and description. March 6-7, 2009. *Spinal Cord.* 2012;50(6):413-7.
51. Teasell RW, Mehta S, Aubut JA, Foulon B, Wolfe DL, Hsieh JT, et al. A systematic review of pharmacologic treatments of pain after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(5):816-31.

52. Nizard J, Lefaucheur JP, Helbert M, de Chauvigny E, Nguyen JP. Non-invasive stimulation therapies for the treatment of refractory pain. *Discov Med*. 2012;14(74):21-31.
53. Nas K, Yazmalar I, Şah V, Aydın A, Öneş K. Rehabilitation of spinal cord injuries. *World J Orthop*. 2015;18;6(1):8-16.
54. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M. Locomotor training for walking after spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(21):E768-77.
55. Arpacıoğlu O, Özcan O. Omurilik Yaralanmalarında Rehabilitasyon. Arpacıoğlu O, Özcan O, editör. Omurilik Yaralanmaların Rehabilitasyonu. Ankara: GATA Basımevi. 1997;1:179-200.
56. Mazzoleni S, Stampacchia G, Gerini A, Tombini T, Carrozza MC. FES-cycling training in spinal cord injured patients. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc*. 2013;2013:5339-41.
57. McCaughey EJ, Borotkanics RJ, Gollee H, Folz RJ, McLachlan AJ. Abdominal functional electrical stimulation to improve respiratory function after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord*. 2016;54(9):628-39.
58. Kirshblum SC, Priebe MM, Ho CH, Scelza WM, Chiodo AE, Wuermsler LA. Spinal cord injury medicine. 3. Rehabilitation phase after acute spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(3 Suppl 1):S62-70.
59. Foy T, Perritt G, Thimmaiah D, Heisler L, Offutt JL, Cantoni K, et al. The SCIREhab project: treatment time spent in SCI rehabilitation. Occupational therapy treatment time during inpatient spinal cord injury rehabilitation. *J Spinal Cord Med*. 2011;34(2):162-75.
60. Fouad K, Tetzlaff W. Rehabilitative training and plasticity following spinal cord injury. *Exp Neurol*. 2012;235(1):91-9.
61. Dietz V, Fouad K. Restoration of sensorimotor functions after spinal cord injury. *Brain*. 2014;137(Pt 3):654-67.
62. 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.
63. 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.
64. Özbudak Demir S. Omurilik yaralanması: Robotik rehabilitasyon. Koyuncu E, Özgirgin N, editörler. Omurilik Yaralanması ve Rehabilitasyonu. 1. Baskı. Ankara: Türkiye Klinikleri; 2020. p.44-56.

65. Demirbaş SB, Barkana DB, İnal S. Üst Ekstremitte Rehabilitasyon Robotları Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topicsç. 2015;1(1):1-5. .
66. Dzahir MA, Yamamoto S. Review Recent Trends in lower-limb Robotic Rehabilitation Orthosis: Control Scheme and Strategy for Pneumatic Muscle Actuated Gait Trainers. *Robotics*. 2014;3:120-48.
67. Ozbudak Demir S. Omurilik yaralanmalı hastalarda robot yardımlı yürüme eğitimi. *Turk J Phys Med Rehab*. 2015;61:37-44.
68. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet*. 1985;1(8437):1106-7.
69. Barker AT. The history and basic principles of magnetic nerve stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1999;51:3-21.
70. Bestmann S. The physiological basis of transcranial magnetic stimulation. *Trends Cogn Sci*. 2008;12(3):81-3.
71. Hallett M. Transcranial magnetic stimulation and the human brain. *Nature*. 2000;406(6792):147-50.
72. Kobayashi M, Pascual-Leone A. Transcranial magnetic stimulation in neurology. *Lancet Neurol*. 2003;2(3):145-56.
73. Abo M. rTMS and its potential use in stroke rehabilitation. In: Abo M, Kakuda W, editors. *Rehabilitation with rTMS*. Switzerland, Springer,2014. p. 1-8.
74. Rotenberg A. The Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) Device and Foundational Techniques. In: Rotenberg A, Horvath JC, Pascual-Leone A, editors. *Transcranial magnetic stimulation*. New York, Springer,2014. p. 3-13.
75. Deng ZD, Lisanby SH, Peterchev AV. Coil design considerations for deep transcranial magnetic stimulation. *Clin Neurophysiol*. 2014;125(6):1202-12.
76. Borckardt JJ, Walker J, Branham RK, Rydin-Gray S, Hunter C, Beeson H, et al. Development and evaluation of a portable sham transcranial magnetic stimulation system. *Brain Stimul*. 2008;1(1):52-9.
77. Rothwell JC, Hallett M, Berardelli A, Eisen A, Rossini P, Paulus W. Magnetic stimulation: motor evoked potentials. *The International Federation of Clinical Neurophysiology*. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol Suppl*. 1999;52:97-103.



78. Rossini PM, Barker AT, Berardelli A, Caramia MD, Caruso G, Cracco RQ, et al. Non-invasive electrical and magnetic stimulation of the brain, spinal cord and roots: basic principles and procedures for routine clinical application. Report of an IFCN committee. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994;91(2):79-92.
79. Christie BR, Kerr DS, Abraham WC. Flip side of synaptic plasticity: long-term depression mechanisms in the hippocampus. *Hippocampus.* 1994;4(2):127-35.
80. Fregni F, Pascual-Leone A. Technology insight: noninvasive brain stimulation in neurology- perspectives on the therapeutic potential of rTMS and tDCS. *Nat Clin Pract Neurol.* 2007;3(7):383-93.
81. Hiscock A, Miller S, Rothwell J, Tallis RC, Pomeroy VM. Informing dose-finding studies of repetitive transcranial magnetic stimulation to enhance motor function: a qualitative systematic review. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008;22(3):228-49.
82. Pascual-Leone A, Valls-Solé J, Wassermann EM, Hallett M. Responses to rapid-rate transcranial magnetic stimulation of the human motor cortex. *Brain.* 1994;117 ( Pt 4):847-58.
83. Huang YZ, Edwards MJ, Rounis E, Bhatia KP, Rothwell JC. Theta burst stimulation of the human motor cortex. *Neuron.* 2005;45(2):201-6.
84. Oberman L, Edwards D, Eldaief M, Pascual-Leone A. Safety of theta burst transcranial magnetic stimulation: a systematic review of the literature. *J Clin Neurophysiol.* 2011;28(1):67-74.
85. Chung MG, Lo WD. Noninvasive brain stimulation: the potential for use in the rehabilitation of pediatric acquired brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96(4 Suppl):S129-37.
86. Lefaucheur JP, André-Obadia N, Antal A, Ayache SS, Baeken C, Benninger DH, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS). *Clin Neurophysiol.* 2014;125(11):2150-206.
87. Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, Benninger DH, Brunelin J, Di Lazzaro V, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): An update (2014-2018). *Clin Neurophysiol.* 2020;131(2):474-528.
88. Rossi S, Hallett M, Rossini PM, Pascual-Leone A. Safety, ethical considerations, and application guidelines for the use of transcranial magnetic stimulation in clinical practice and research. *Clin Neurophysiol.* 2009;120(12):2008-39.
89. Nitsche MA, Paulus W. Excitability changes induced in the human motor cortex by weak transcranial direct current stimulation. *J Physiol.* 2000;527 Pt 3(Pt 3):633-9.

90. Yozbatiran N, Keser Z, Davis M, Stampas A, O'Malley MK, Cooper-Hay C, et al. Transcranial direct current stimulation (tDCS) of the primary motor cortex and robot-assisted arm training in chronic incomplete cervical spinal cord injury: A proof of concept sham-randomized clinical study. *NeuroRehabilitation*. 2016;39(3):401-11.
91. Stagg CJ, Nitsche MA. Physiological basis of transcranial direct current stimulation. *Neuroscientist*. 2011;17(1):37-53.
92. Antal A, Polania R, Schmidt-Samoa C, Dechent P, Paulus W. Transcranial direct current stimulation over the primary motor cortex during fMRI. *Neuroimage*. 2011;55(2):590-6.
93. Lefaucheur JP, Antal A, Ayache SS, Benninger DH, Brunelin J, Cogiamanian F, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of transcranial direct current stimulation (tDCS). *Clin Neurophysiol*. 2017;128(1):56-92.
94. Howick J, Webster RK, Rees JL, Turner R, Macdonald H, Price A, et al. TIDieR-Placebo: A guide and checklist for reporting placebo and sham controls. *PLoS Med*. 2020;17(9):e1003294.
95. Kirshblum S, Snider B, Rupp R, Read MS. Updates of the International Standards for Neurologic Classification of Spinal Cord Injury: 2015 and 2019. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2020;31(3):319-30.
96. Dittuno PL, Ditunno JF, Jr. Walking index for spinal cord injury (WISCI II): scale revision. *Spinal Cord*. 2001;39(12):654-6.
97. Watson M. Refining the Ten-metre Walking Test for Use with Neurologically Impaired People. *Physiotherapy*. 2002;88:386-97.
98. Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther*. 1987;67(2):206-7.
99. Downie WW, Leatham PA, Rhind VM, Wright V, Branco JA, Anderson JA. Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis*. 1978;37(4):378-81.
100. Kumru H, Benito-Penalva J, Valls-Sole J, Murillo N, Tormos JM, Flores C, et al. 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.
101. Gunduz A, Rothwell J, Vidal J, Kumru H. Non-invasive brain stimulation to promote motor and functional recovery following spinal cord injury. *Neural Regen Res*. 2017;12(12):1933-8.

102. Tazoe T, Perez MA. Effects of repetitive transcranial magnetic stimulation on recovery of function after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2015;96(4 Suppl):S145-55.
103. Raithatha R, Carrico C, Powell ES, Westgate PM, Chelette Ii KC, Lee K, et al. Non-invasive brain stimulation and robot-assisted gait training after incomplete spinal cord injury: A randomized pilot study. *NeuroRehabilitation.* 2016;38(1):15-25.
104. 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.
105. Yamaguchi T, Fujiwara T, Tsai YA, Tang SC, Kawakami M, Mizuno K, et al. The effects of anodal transcranial direct current stimulation and patterned electrical stimulation on spinal inhibitory interneurons and motor function in patients with spinal cord injury. *Exp Brain Res.* 2016;234(6):1469-78.
106. de Araújo AVL, Ribeiro FPG, Massetti T, Potter-Baker KA, Cortes M, Plow EB, et al. Effectiveness of anodal transcranial direct current stimulation to improve muscle strength and motor functionality after incomplete spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *Spinal Cord.* 2020;58(6):635-46.
107. Gunduz A, Kumru H, Pascual-Leone A. Outcomes in spasticity after repetitive transcranial magnetic and transcranial direct current stimulations. *Neural Regen Res.* 2014;9(7):712-8.
108. Kumru H, Murillo N, Samsó JV, Valls-Sole J, Edwards D, Pelayo R, et al. Reduction of spasticity with repetitive transcranial magnetic stimulation in patients with spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010;24(5):435-41.
109. 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.
110. Yılmaz B, Kesikburun S, Yaşar E, Tan AK. The effect of repetitive transcranial magnetic stimulation on refractory neuropathic pain in spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2014;37(4):397-400.
111. Shen Z, Li Z, Ke J, He C, Liu Z, Zhang D, et al. Effect of non-invasive brain stimulation on neuropathic pain following spinal cord injury: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(34):e21507.

112. Defrin R, Grunhaus L, Zamir D, Zeilig G. The effect of a series of repetitive transcranial magnetic stimulations of the motor cortex on central pain after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(12):1574-80.
113. Ngernyam N, Jensen MP, Arayawichanon P, Auvichayapat N, Tiamkao S, Janjarajitt S, et al. The effects of transcranial direct current stimulation in patients with neuropathic pain from spinal cord injury. *Clin Neurophysiol.* 2015;126(2):382-90.



## 8. ÖZGEÇMİŞ

### I- Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Ahmet Tarık Canbulat  
Doğum yeri ve tarihi :  
Uyruğu : T.C.  
Yabancı dili : İngilizce

### II- Eğitimi

Batman İMKB Anadolu Öğretmen Lisesi (2008-2012)  
Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi (2013-2019)

### III- Ünvanları

Doktor

### IV- Mesleki Deneyimi

2020-halen Ankara Bilkent Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon  
Hastanesi, Asistan hekim  
2019-2020 SBÜ Ankara Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Eğitim ve Araştırma  
Hastanesi Hastanesi SUAM, Asistan hekim  
2018-2019 Batman Gercüş Devlet Hastanesi, Pratisyen Hekim

### V- Üye Olduğu Bilimsel Kuruluşlar

Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Derneği  
Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Uzman Hekimleri Derneği  
Türkiye Romatizma Araştırma Ve Savaş Derneği  
Omurilik Hastalıkları Derneği

## **VI- Bilimsel İlgi Alanları**

Sözlü Sunum:

Diz osteoartriti olan hastalarda ultrasonografi rehberliğinde uygulanan geniküler sinir bloğunun ağrı ve denge üzerine etkisi; Ahmet Tarık Canbulat, Hüma Bölük Şenlikçi, Seher Kalıç, Emre Adıgüzel, Evren Yaşar

Poster Sunumları:

Çocukluk çağında longitudinal ekstensif transvers; Ahmet Tarık Canbulat, Bilge Büşra Ceylan, Berke Aras, Özlem Yılmaz Taşdelen, Canan Çulha

## **VII- Bilimsel Etkinlikleri**

4. FTR Kurs Günleri Kongresi, 2023

Girişimsel FTR ve Bölgesel Ağrılar Kongresi, 2023

## 9. EKLER

### EK 1. ETİK KURUL KARAR FORMU



T.C.  
SAĞLIK BAKANLIĞI  
İL SAĞLIK MÜDÜRLÜĞÜ  
Ankara Şehir Hastanesi  
2 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul Başkanlığı

Sayı : E2.Kurul –E2-21-66 No’lu çalışma

Ankara Şehir Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Kliniği’nden “İnkomplet Kronik Spinal Kord Hasarında Robotik Rehabilitasyon Uygulamaları ile Kombine Edilen Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Motor İyileşme ve Yürüyüş Parametreleri Üzerine Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma ” konulu çalışma incelenmiş olup, Etik açıdan oy birliği ile uygun görülmüştür.

27/01/2021

Doç.Dr.Fuat Emre Canpolat  
2 Nolu Etik Kurul Başkanı

## KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Inkomet Kronik Spinal Kord Hasarında Robotik Rehabilitasyon Uygulamaları ile Kombine Edilen Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Motor İyileşme ve Yürüyüş Parametreleri Üzerine Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	-

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Ankara Şehir Hastanesi 2 Nolu Klinik Araştırmalar Etik Kurul
	AÇIK ADRESİ:	Üniversiteler Mah. Bilkent Cad. No:1 ÇANKAYA /ANKARA
	TELEFON	0312 552 66 00
	FAKS	0312 552 99 82
	E-POSTA	ankarash.etikkurul2@sağlık.gov.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr. Emre ADIGÜZEL			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Kliniği			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Ankara Şehir Hastanesi			
	VARSA İDARI SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI	-			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	-			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	-			
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
FAZ 4		<input type="checkbox"/>			
Gözlemsel ilaç çalışması		<input type="checkbox"/>			
Tıbbi cihaz klinik araştırması		<input type="checkbox"/>			
İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input type="checkbox"/>			
Diğer ise belirtiniz:: Prospektif Çalışma( Dr. Ahmet Tarık CANBULAT'ın tez çalışması)					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	

**Etik Kurul Başkanının**  
**Unvanı/Adı/Soyadı:Doç. Dr. Fuat Emre CANPOLAT**  
**İmza:**



## KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Inkomet Kronik Spinal Kord Hasarında Robotik Rehabilitasyon Uygulamaları ile Kombine Edilen Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun Motor İyileşme ve Yürüyüş Parametreleri Üzerine Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	-

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili		
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	OLGU RAPOR FORMU			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ			Türkçe <input type="checkbox"/>	İngilizce <input type="checkbox"/>	Diğer <input type="checkbox"/>
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama				
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>				
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input type="checkbox"/>				
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>				
	İLAN	<input type="checkbox"/>				
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>				
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>				
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>				
DİĞER:	<input type="checkbox"/>					
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: E2-21-66	Tarih: 27/01/2021				
	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 gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.					

**Etik Kurul Başkanının**  
**Unvanı/Adı/Soyadı: Doç. Dr. Fuat Emre CANPOLAT**  
**İmza:**

## KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	İnkomplet Kronik Spinal Kord Hasarında Robotik Rehabilitasyon Uygulamaları ile Kombine Edilen Repetitif Transkranial Manyetik Stimülasyon ve Transkranial Doğru Akım Stimülasyonunun Motor İyileşme ve Yürüyüş Parametreleri Üzerine Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	-

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Doç.Dr.Fuat Emre CANPOLAT

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişki		Katılım *	İmza
Doç Dr. Fuat Emre CANPOLAT	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Neonatoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof. Dr. İlkan TATAR	Anatomi	Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof. Dr. Dilek ŞAHİN	Kadın Hastalıkları ve Doğum /Perinatoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Hayriye Gözde KANMAZ KUTMAN	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Neonatoloji	Ankara Şehir Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Gülhan KURTOĞLU ÇELİK	Acil Tıp	Ankara Şehir Hastanesi (YBÜ)	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Mehmet Ali Nahit ŞENDUR	Tıbbi Onkoloji	Ankara Şehir Hastanesi (YBÜ)	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Bedia DİNÇ	Tıbbi Mikrobiyoloji	Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Ayça Tuba DUMANLI ÖZCAN	Anestezi ve Reanimasyon	Ankara Şehir Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç. Dr. Özlem Yılmaz TAŞDELEN	Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon	Ankara Şehir Hastanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr. Dilek ÖZTAŞ	Halk Sağlığı	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi Tıp Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	
Uzm. Dr. Metin YEŞİLTEPE	Tıbbi Farmakoloji	Ankara İl Sağlık Müdürlüğü	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	
Sağ. Mens.Ölm. Üye. M.Hilmi ŞEÇİLMİŞ	İktisat Maliye	Emekli	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	
Av. Nuriye Betül BAYRAK	Hukuk	BF Hukuk Bürosu	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	E <input checked="" type="checkbox"/>	
Mühendis Selahattin KAHRİMAN	Biyomedikal Mühendis	Ankara Şehir Hastanesi/ CCN Teknik	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	

\*:Toplantıda Bulunma

**Etik Kurul Başkanının**  
**Unvanı/Adı/Soyadı:Doç. Dr. Fuat Emre CANPOLAT**  
**İmza:**

## EK 2. GÖNÜLLÜLERİN BİLGİLENDİRİLDİĞİ VE RIZASININ ALINDIĞINI GÖSTERİR BELGE

### BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

TİTCK-KAD-D2

Tarih / Versiyon Sayfa  
05.05.2019 / Ver3.0 92/119

“İnkomplet Kronik Spinal Kord Hasarında Robotik Rehabilitasyon Uygulamaları ile Kombine Edilen Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonun Motor İyileşme ve Yürüyüş Parametreleri Üzerine Etkisi” isimli bir çalışmada yer almak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmaya davet edilmenizin nedeni sizin omurilik yaralanmalı olmanızdır. Bu çalışma, araştırma amaçlı olarak yapılmaktadır ve katılım gönüllülük esasına dayalıdır. Çalışmaya katılma konusunda karar vermeden önce araştırma hakkında sizi bilgilendirmek istiyoruz. Çalışma hakkında tam olarak bilgi sahibi olduktan sonra ve sorularınız cevaplandıktan sonra eğer katılmak isterseniz sizden bu formu imzalamanız istenecektir. Bu çalışma, Ankara Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesi’nde görevli Dr. Emre Adıgüzel’in sorumluluğu altındadır.

Çalışmamız; “İnkomplet Kronik Spinal Kord Hasarında Robotik Rehabilitasyon Uygulamaları ile Kombine Edilen Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonun Motor İyileşme ve Yürüyüş Parametreleri Üzerine Etkisi: Randomize Kontrollü Çalışma” olarak belirlenen bir araştırmadır. Araştırmamız; Alt ekstremite robotik yürüme egzersizleri ile beraber kullanılan Repetitif Transkraniyal Manyetik Stimülasyon (tekrarlayan kafanın dışından mıknatıs ile uyarım) ve Transkraniyal Doğru Akım Stimülasyonunun (kafanın dışından beyni düşük yoğunlukta elektrik akımı ile uyarım) Omurilik Yaralanmalı hastaların yürüyüş parametreleri ve motor iyileşme üzerine etkisini ölçmeyi amaçlamaktadır. Gönüllülerin araştırmaya devam etmesi beklenen süre 2 ay olarak belirlenmiştir. Araştırmaya katılması beklenen tahmini gönüllü sayısı en az 40 olarak belirlenmiştir. Araştırmada hastalara bulunduğu gruba göre alt ekstremite robotik rehabilitasyon programı ve rTMS, alt ekstremite robotik rehabilitasyon programı ve taklit rTMS, alt ekstremite robotik rehabilitasyon programı ve tDCS, alt ekstremite robotik rehabilitasyon programı ve taklit tDCS uygulanacaktır. Araştırma esnasında gönüllüler, farklı tedavi gruplarına bilgisayar temelli hazırlanmış rastgele seçim yöntemi ile dört gruba ayrılacaktır. Hasta gönüllüler hangi gruba dahil olduğunu bilmeyecektir.

Araştırma esnasında gönüllüler fizyoterapist eşliğinde yürüyüş eğitimlerini içeren bir tedavi programı alacaklardır. Tedaviler haftada beş gün, 20 dakika sürecek şekilde uygulanacaktır. 3 hafta süresince toplamda 15 seans olacak biçimde uygulanacaktır. Araştırmada deneysel tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Gönüllülerin maruz kalacağı öngörülen herhangi bir risk veya rahatsızlık bulunmamaktadır. Düşük frekanslı tekrarlayan transkraniyal manyetik uyarımın şimdiye kadar bildirilmiş belirgin bir yan etkisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte, nadir vakalarda geçici baş ağrısı olabileceği bildirilmiştir. Bu araştırmada tüm tekrarlayan transkraniyal manyetik uyarım uygulamaları sorumlu hekim tarafından yapılacak ve emniyetiniz için tüm tedbirler alınacaktır. Transkraniyal doğru akım ile uyarımın da şimdiye kadar bildirilmiş belirgin bir yan etkisi bulunmamaktadır. Bununla

birlikte, bazı vakalarda transkranyal doğru akım stimülasyonu uygulanan bölgede geçici hafif karıncalanma ve kaşıntı hissi, yorgunluk ve baş ağrısı olabileceği bildirilmiştir. Bu araştırmada tüm transkranyal doğru akım ile uyarım uygulamaları sorumlu hekim tarafından yapılacak ve emniyetiniz için tüm tedbirler alınacaktır. Kalp pili veya diğer elektrikli yaşam destek cihazı kullananlar ile vücudunda metal madde (implant vb.) olanların doktorunu uarması gerekmektedir. Robot terapisinin de şimdiye kadar bildirilmiş belirgin bir yan etkisi bulunmamaktadır. Bununla birlikte terapi sonrası kısa süreli kas iskelet sistemi kaynaklı ağrılar bildirilmiştir.

Tedaviye alınan herhangi bir grupta, gönüllülerin makul bir fayda görememe ihtimali bulunmaktadır. Araştırma sonucunda beklenen makul faydalarla ilgili, gönüllü açısından beklenen herhangi bir klinik fayda olmazsa, gönüllü bu durum hakkında bilgilendirilecektir. Gruplardan birisinde diğer gruplara göre faydanın daha fazla olduğu tespit edilirse ve siz bu grupta değilseniz, faydanın belirgin olduğu tedavi yöntemini sizin de almanız tarafımızca sağlanacaktır. Size uygulanabilecek alternatif yöntemler arasında Vücut ağırlık destekli treadmill’de yürüyüş eğitimleri ( Yürüyüş bandı), Fonksiyonel Elektrik Stimülasyon yöntemleri ve Su içi egzersizler de yer almaktadır. Gönüllülere verilecek herhangi bir tazminat bulunmamaktadır. Gönüllülere ulaşım, yemek gibi masraflara ilişkin herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Gönüllülerin sorumlulukları, belirtilen günlerde Ankara Şehir Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Hastanesinin alındıkları gruba göre ilgili ünitesine gelmeleri, aldıkları tedaviye ek olarak başka bir rehabilitasyon programına katılmamak, tedavi süresince araştırma sonuçlarını etkileyecek tedavi değişikliği yapılmaması, herhangi tıbbi durum değişikliği veya kendilerine uygulanan tıbbi tedavi ve girişimlerden sorumlu araştırmacıyı haberdar etmektir. Araştırmaya katılım isteğe bağlıdır ve gönüllü istediği zaman, herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkını kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilir veya araştırmadan çekilebilir.

Çalışma doktorunuz kişisel bilgilerinizi, araştırmayı ve istatistiksel analizleri yürütmek için kullanacaktır ancak kimlik bilgileriniz gizli tutulacaktır. Çalışmanın sonunda, kendi sonuçlarınızla ilgili bilgi istemeye hakkınız vardır. Çalışma sonuçları çalışma bitiminde uzmanlık tezi olarak tıbbi literatürde yayınlanabilecektir ancak kimliğiniz açıklanmayacaktır. İzleyiciler, yoklama yapan kişiler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoriteleri sizin orijinal tıbbi kayıtlarınıza doğrudan erişimde bulunabilecek, ancak bu bilgiler gizli tutulacak, yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun imzalanmasıyla siz veya kanuni temsilciniz söz konusu erişime izin vermiş olacaksınız. Araştırma konusuyla ilgili ve sizin araştırmaya katılmaya devam etme isteğinizi etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde siz veya kanuni temsilciniz zamanında bilgilendirilecektir.

Bu araştırmada katılımınızı sona erdirmemiz gereken bir durum bulunmamakla birlikte istediğiniz anda araştırmadan çekilebilirsiniz. Gönüllüde yeni bir klinik durum, ambulasyonu etkileyecek ek bir patoloji, gebelik veya kanser gelişmesi durumunda araştırmaya katılımı sona erdirilecektir.

Bilgilendirilmiş gönüllü olur formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen

hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi biliyorum. Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Gönüllünün adı/soyadı/imzası/tarih (Gerekliyorsa anne ve baba veya kanuni temsilcinin adı/soyadı/imzası/tarih)

Sorumlu doktorun adı/soyadı/imzası/tarih



### EK 3. HASTA TAKİP VE DEĞERLENDİRME FORMU

HASTA ID:

#### İNKOMPLET SPİNAL KORD HASARINDA LOKOMAT CİHAZI İLE KOMBİNE EDİLEN rTMS ve tDCS TEDAVİLERİNİN MOTOR İYİLEŞME VE YÜRÜYÜŞ PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ –

TC/Kabul No :

Ad Soyad :

Doğum Tarihi :

Cinsiyet : 1. Kadın 2. Erkek

Telefon :

Tedaviye Alınma Tarihi :

Ek Hastalıklar : 1. Diyabet 2. Hipertansiyon 3. Kalp Yetmezliği 4. Hiperlipidemi  
5. KOAH

Kullanılan İlaçlar : 1. Tizanidin 2. Baklofen 3. Pregabalin 4. Gabapentin 5.  
Oksibutinin 6. Trospiyum 7. Doksazosin 8. Tolterodin 9.  
Alfuzosin 10. Fesoterodin

Olay Tarihi : ...../...../.....

Yaralanma Nedeni : 1. Araç İçi Trafik Kazası 2. Araç Dışı Trafik Kazası 3. Motorlu  
Taşıt Kazaları 4. Yüksekten Düşme 5. Ateşli Silah Yaralanması 6.  
Kesici-Delici Alet Yaralanmaları 7.Sportif aktiviteler

**SKY Kemik Seviyesi** : 1. C3 2. C4 3. C5 4. C6 5. C7 6. C8

7. T1 8. T2 9. T3 10. T4 11. T5 12. T6 13. T7 14. T8 15. T9 16. T10 17. T11 18. T12

19. L1 20. L2 21. L3 22. L4 23. L5 24. S1-S5

**SKY Nörolojik Seviyesi** : 1. C3 2. C4 3. C5 4. C6 5. C7 6. C8

7. T1 8. T2 9. T3 10. T4 11. T5 12. T6 13. T7 14. T8 15. T9 16. T10 17. T11 18. T12

19. L1 20. L2 21. L3 22. L4 23. L5 24. S1-S5

**ASIA sınıflaması** : 1. B 2. C 3. D 4. E

**Uygulama sonrası yan etkiler:** 1. Baş ağrısı 2. Kas iskelet sistemi ağrısı 3. Halsizlik  
4. Konvülsiyon

#### **SONUÇ PARAMETRELERİ**

	Tedavi Başlangıcı		Tedavi Bitimi (10 seans rTMS ve tDCS sonu)		Tedavi Bitiminin 2.Haftası	
	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL
<b>Tarih</b>	...../...../.....		...../...../.....		...../...../.....	
ASIA muayenesine göre üst ekstremite motor skoru- <b>C5</b>						
ASIA muayenesine göre üst ekstremite motor skoru- <b>C6</b>						
ASIA muayenesine göre üst ekstremite motor skoru- <b>C7</b>						
ASIA muayenesine göre üst ekstremite motor skoru- <b>C8</b>						

ASIA muayenesine göre üst ekstremite motor skoru- <b>T1</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Omuz abdüksiyonu- <b>C5</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- El bilek fleksiyonu- <b>C6</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Baş parmak fleksiyonu- <b>C7</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Baş parmak oppozisyonu- <b>C8</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- İkinci parmak abdüksiyonu- <b>T1</b>						
ASIA muayenesine göre alt ekstremite motor skoru- <b>L2</b>						
ASIA muayenesine göre alt ekstremite motor skoru- <b>L3</b>						
ASIA muayenesine göre alt ekstremite motor skoru- <b>L4</b>						
ASIA muayenesine göre alt ekstremite motor skoru- <b>L5</b>						
ASIA muayenesine göre alt ekstremite motor skoru- <b>S1</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Kalça addüksiyonu- <b>L2</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Kalça eksternal rotasyonu- <b>L3</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Kalça abdüksiyonu, Diz Fleksiyonu- <b>L4</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Ayak parmak fleksiyonu- <b>L5</b>						
Anahtar dışı kas motor skoru- Ayak baş parmak addüksiyonu- <b>S1</b>						



	Tedavi Başlangıcı		Tedavi Bitimi (10 seans rTMS ve tDCS sonu)		Tedavi Bitiminin 2.Haftası	
Tarih	...../...../.....		...../...../.....		...../...../.....	
	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL	SAĞ	SOL
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Dirsek Fleksörleri</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Dirsek Ekstansörleri</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Pronator teres</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>El Bilek Fleksörleri</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>El parmak Fleksörleri</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Kalça Addüktörleri</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Diz Ekstansörleri</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Hamstring</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Gastro</b>						
Modifiye Ashworth Skalası (MAS)- <b>Soleus</b>						

<b>Walking Index for SCI – II</b>			
<b>10 metre yürüyüş testi</b>			
<b>Visuel Analog Skala (VAS)- 10 cm</b>			
<b>Fonksiyonel Durum</b>			

## EK 4. ASIA BOZUKLUK (ABS) SKALASI

Hasta Adı : \_\_\_\_\_ Tarih/Muayene saati \_\_\_\_\_

Doktor Adı : \_\_\_\_\_

**ASIA** AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION

**OMURİLİK YARALANMASI NÖROLOJİK SINIFLAMASI İÇİN ULUSLARARASI STANDARTLAR**

**MOTOR ANAHTAR KASLAR** (skorlama arka sayfada)

R	L		
C5		Dirsek fleksörleri	
C6		El bilek ekstansörleri	
C7		Dirsek ekstansörleri	
C8		Parmak fleksörleri (orta parmak distal falanks)	
T1		Parmak abduktörleri (küçük parmak)	
ÜST EKSTREMİTE TOPLAM (MAKSİMUM)		(25)	(25)

Notlar:

R	L		
L2		Kalça fleksörleri	
L3		Diz ekstansörleri	
L4		Ayak bilek dorsifleksörleri	
L5		Başparmak uzun ekstansörleri	
S1		Ayak bilek plantar fleksörleri	
(AK) İstemi anal kasıtma (Evet/Hayır)			
ALT EKSTREMİTE TOPLAM (MAKSİMUM)		(25)	(25)

**ISCOS DUYUSAL ANAHTAR DUYUSAL NOKTALAR**

	HAFIF DOKUNMA	İĞNE BATIRMA	
R	L	R	L
C2			
C3			
C4			
C5			
C6			
C7			
C8			
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			
T6			
T7			
T8			
T9			
T10			
T11			
T12			
L1			
L2			
L3			
L4			
L5			
S1			
S2			
S3			
S4-5			

0 = yok  
1 = bozukluk  
2 = normal  
TE = Test edilemeyen

(DAB) Derin anal basınç (evet/hayır) (maks: 112)  
İĞNE BATIRMA SKORU (maks: 112)  
HAFIF DOKUNMA SKORU (maks: 112)

TOPLAM (MAKSİMUM) (56) (56) (56) (56)

**NOROLOJİK SEVİYE**

Normal fonksiyon en alt segment

DUYUSAL MOTOR R L

TEK NOROLOJİK SEVİYE

KOMPLET VEYA İNKOMPLET? (maks: 112)

ASIA BOZUKLUK SKALASI (ABS)

KISMI KORUNMA ALANI (maks: 112)

DUYUSAL MOTOR R L

Bu form evreleştirilmiş fakat Amerikan spinal ilişiği & evreleştirilmiş bir nörolojik sınıflandırmadır.

### Kas Fonksiyonu Derecelendirmesi

- 0** = tam felç
- 1** = palpe edilebilir veya görülebilir kasılma
- 2** = aktif hareket, yerçekimi elimine edildiğinde tam eklem hareket açıklığı (EHA)
- 3** = aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA
- 4** = aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA ve kasa özel bir pozisyonda orta derecede direnç
- 5** = (normal) aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA ve kasa özel bir pozisyonda sağlıklı bir insandan beklenecek tam direnç
- 5\*** = (normal) aktif hareket, yerçekimine karşı tam EHA ve belirlenen inhibe edici faktörler (ağrı, kullanmama) olmasa normal olarak değerlendirilecek yeterli direnç
- TE** = test edilemeyen (örn. immobilizasyon, hastanın derecelenmesini engelleyecek şiddette ağrı, ekstremitte amputasyonu veya eklem hareket açıklığının >%50 kontraktürü nedeniyle)

### ASIA Bozukluk (ABS) Skalası

- A = Komplet.** S4-S5 sakral segmentlerde korunmuş duyuusal ve motor fonksiyon yok.
- B = Duyusal İnkomples.** Nörolojik seviye altında motor değil, duyuusal fonksiyon korunmuştur ve S4-S5 sakral segmentleri de içerir (S4-S5'te hafif dokunma iğne duyusu; veya derin anal basınç DAB), VE vücut herhangi bir yarısında motor seviyenin üç seviyeden fazla altında motor fonksiyon korunmamıştır.
- C = Motor İnkomples.** Nörolojik seviye altında motor fonksiyon korunmuştur\*\*, ve tek nörolojik yaralanma seviyesi (NYS) altındaki anahtar kasların yarısından fazlası 3'ten az (0-2 Derece) kas derecesine sahiptir.
- D = Motor İnkomples.** Nörolojik seviye altında motor fonksiyon korunmuştur\*\*, ve NYS altında anahtar kas fonksiyonlarının en az yarısı (yarısı veya fazlası) ≥ 3 kas derecesine sahiptir.
- E = Normal.** ISNCSCI ile değerlendirilen duyu ve motor fonksiyon tüm segmentlerde normal olarak değerlendirildi ve hastada önceden defisit mevcut ise ABS derecesi E'dir. Başlangıçta OY olmayan kişi bir ABS derecesi almaz.

\*\*Bir kişinin C veya D derecesi alması, yani motor inkomples olması için, ya (1) istemli anal sfinkter kasılması veya (2) vücut o tarafında motor seviyenin üç seviyeden fazla altında motor fonksiyon korunması ile birlikte sakral duyuusal korunma olmalıdır. Bu Standartlar bugün için motor inkomples durumu belirlemede (ABS B veya C) motor seviyenin üç seviyeden fazla altında anahtar kas dışındaki kas fonksiyonunun kullanılması için verilir.

NOT: ABS B ve C arasında ayırım yapmak için seviye altında motor korunma derecesi değerlendirilmesinde her iki taraftaki motor seviye kullanılır; ABS C ve D ayırımı ise (güçlen derece 3 ve üzerinde olduğu anahtar motor fonksiyon oranına dayanarak) tek nörolojik seviye kullanılır.

### Sınıflandırma Basamakları

OY'li bireylerin sınıflandırılması belirlemede aşağıdaki sıralama önerilmektedir.

- Sağ ve sol taraf için duyu seviyelerini belirle.
- Sağ ve sol taraf için motor seviyelerini belirle.  
Not: değerlendirilecek miyotom olmayan bölgelerde, eğer bu seviye üzerinde değerlendirilebilen motor fonksiyon da normal ise, motor seviye duyuusal seviye ile aynı kabul edilir.
- Tek nörolojik seviyeyi belirle.  
Bu, her iki tarafta motor ve duyu fonksiyonunun normal olduğu en alt seviyedir ve 1. ve 2. basamaklarda saptanmış motor ve duyu seviyelerinin en sefafla (başta doğru) olanıdır.
- Yaralanmanın Komplet veya İnkomples olduğunu belirle, (sakral korunmanın olması veya olmaması)  
Eğer istemli anal kontraksiyon = **Hayır** VE tüm S4-S5 duyuusal puanları = 0 VE derin anal basınç = **Hayır** ise, yaralanma **KOMPLET**'tir. Bunun dışında yaralanma **inkomples**'tir.
- ASIA Bozukluk Skalası (ABS) Derecesi:

**Yaralanma Komplet mi? EVET** ise, ABS=A ve KKA kaydedilebilir (her iki tarafta, biraz korunma olan en alt dermatom veya miyotom)

**Yaralanma motor inkomples mi?**  
↓  
**EVET** ise, ABS=B (Evet=eğer hasta duyuusal inkomples sınıflamada ise istemli anal kontraksiyon VEYA belirlenmiş bir tarafta motor seviyenin üç seviye altında motor fonksiyon)

Tek nörolojik seviye altında anahtar kasların en az yarısı 3 derece ve üzerinde mi?

**HAYIR** ↓ ABS=C  
**EVET** ↓ ABS=D

Eğer tüm segmentlerde duyu ve motor fonksiyon normal ise, ABS=E

Not: ABS E OY'si belgeli bir birey normal fonksiyona iyileştiğinde kullanılır. Eğer ilk muayenede defisit bulunmazsa kişi nörolojik olarak sağlamdır, ASIA Bozukluk Skalası uygulanmaz.

## EK 5. WISCI – II SKALASI

### Appendix

#### Walking Index for Spinal Cord Injury (WISCI II)

Physical limitation for walking secondary to impairment is defined at the person level and indicates the ability of a person to walk after spinal cord injury. The development of this assessment index required a rank ordering along a dimension of impairment, from the level of most severe impairment (0) to least severe impairment (20) based on the use of devices, braces and physical assistance of one or more persons. The order of the levels suggests each successive level is a less impaired level than the former. The ranking of severity is based on the severity of the impairment and not on functional independence in the environment. The following definitions standardize the terms used in each item:

Physical assistance: 'Physical assistance of two persons' is moderate to maximum assistance.  
'Physical assistance of one person' is minimal assistance.

Braces: 'Braces' means one or two braces, either short or long leg.  
(Splinting of lower extremities for standing is considered long leg bracing).  
'No braces' means no braces on either leg.

Walker: 'Walker' is a conventional rigid walker without wheels.

Crutches: 'Crutches' can be Lofstrand (Canadian) or axillary.

Cane: 'Cane' is a conventional straight cane.

Level	Description
0	Client is unable to stand and/or participate in assisted walking.
1	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of two persons, less than 10 meters.
2	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of two persons, 10 meters.
3	Ambulates in parallel bars, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
4	Ambulates in parallel bars, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
5	Ambulates in parallel bars, with braces and no physical assistance, 10 meters.
6	Ambulates with walker, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
7	Ambulates with two crutches, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
8	Ambulates with walker, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
9	Ambulates with walker, with braces and no physical assistance, 10 meters.
10	Ambulates with one cane/crutch, with braces and physical assistance of one person, 10 meters.
11	Ambulates with two crutches, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
12	Ambulates with two crutches, with braces and no physical assistance, 10 meters.
13	Ambulates with walker, no braces and no physical assistance, 10 meters.
14	Ambulates with one cane/crutch, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
15	Ambulates with one cane/crutch, with braces and no physical assistance, 10 meters.
16	Ambulates with two crutches, no braces and no physical assistance, 10 meters.
17	Ambulates with no devices, no braces and physical assistance of one person, 10 meters.
18	Ambulates with no devices, with braces and no physical assistance, 10 meters.
19	Ambulates with one cane/crutch, no braces and no physical assistance, 10 meters.
20	Ambulates with no devices, no braces and no physical assistance, 10 meters.

**Scoring Sheet (WISCI II)**

**Patient Name** \_\_\_\_\_ **Date** \_\_\_\_\_

Check descriptors which apply to current walking performance, then assign the highest level of walking performance. (In scoring a level, one should choose the level at which the patient is safe as judged by the therapist, with patient's comfort level described. If devices other than stated in the standard definitions are used, they should be documented as descriptors. If there is a discrepancy between two observers, the higher level should be chosen.)

**Descriptors**

Gait: reciprocal \_\_\_\_; swing through \_\_\_\_

Devices	Braces	Assistance	Patient reported comfort level
// bars < 10 mtrs	Long Leg Braces- Uses 2 Uses 1	Max assist x 2 people	Very comfortable
//bars 10 mtrs	Short Leg Braces- Uses 2 Uses 1	Min/Mod assist x 2 people	Slightly comfortable
Walker- Standard Rolling Platform	Locked at knee ____ Unlocked at knee ____	Min/Mod assist x 1 person	Neither comfortable nor uncomfortable
Crutches- Uses 2 Uses 1	Other:		Slightly uncomfortable
Canes- Quad Uses 2 Uses 1			Very Uncomfortable
No devices	No braces	No assistance	

**WISCI Levels**

Level	Devices	Braces	Assistance	Distance
0				Unable
1	Parallel bars	Braces	2 persons	Less than 10 meters
2	Parallel bars	Braces	2 persons	10 meters
3	Parallel bars	Braces	1 person	10 meters
4	Parallel bars	No braces	1 person	10 meters
5	Parallel bars	Braces	No assistance	10 meters
6	Walker	Braces	1 person	10 meters
7	Two crutches	Braces	1 person	10 meters
8	Walker	No braces	1 person	10 meters
9	Walker	Braces	No assistance	10 meters
10	One cane/crutch	Braces	1 person	10 meters
11	Two crutches	No braces	1 person	10 meters
12	Two crutches	Braces	No assistance	10 meters
13	Walker	No braces	No assistance	10 meters
14	One cane/crutch	No braces	1 person	10 meters
15	One cane/crutch	Braces	No assistance	10 meters
16	Two crutches	No braces	No assistance	10 meters
17	No devices	No braces	1 person	10 meters
18	No devices	Braces	No Assistance	10 meters
19	One cane/crutch	No braces	No assistance	10 meters
20	No devices	No braces	No assistance	10 meters

**Level assigned** \_\_\_\_\_

## EK 6. 10 METRE YÜRÜYÜŞ TESTİ

Hastadan 10 metrelik bir mesafede konforlu yürüyüş hızında yürütmesi istenir. Yürürken yardımcı cihaz kullanabilir ancak bu kayıt altına alınmalıdır. Akselerasyon ve deslerasyona izin vermek amacıyla hasta 2 metre çizgisini geçtiğinde kronometre başlatılır ve 8 metre çizgisine geldiğinde durdurulur. Test 3 kere tekrar edilir ve 3 sonucun ortalaması alınır.

1.

2.

3.

Ortalama Sonuç: ... m/sn

## EK 7. MODİFİYE ASHWORTH SKALASI

# Modifiye Ashworth Skalası

## Modified Ashworth Scale Of Muscle Spasticity

Hastanın Adı Soyadı: \_\_\_\_\_ Tarih: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

<b>0</b>	Tonus artışı yok.
<b>1</b>	Hareket açıklığının sonunda yakalama ve gevşeme veya minimal bir direnç ile karakterize hafif tonus artışı mevcut.
<b>1+</b>	Eklem hareket açıklığının yarıdan azı boyunca, minimal direncin izlendiği hafif kas tonusu artışı mevcut.
<b>2</b>	Kas tonusu tüm eklem hareket açıklığı boyunca ve daha fazla artmış, fakat eklemler kolayca hareket ettirilebiliyor.
<b>3</b>	Pasif hareketi zorlaştıran belirgin tonus artışı mevcuttur.
<b>4</b>	Etkilenen kısımlar fleksiyon ve ekstansiyonda rijittir.

Modifiye Ashworth	Sağ		Sol	
Tarih	____/____	____/____	____/____	____/____
Omuz Kuşağı	_____	_____	_____	_____
Dirsek	_____	_____	_____	_____
El	_____	_____	_____	_____
Kalça Kuşağı	_____	_____	_____	_____
Diz	_____	_____	_____	_____
Ayak- Ayak Bileği	_____	_____	_____	_____

Bohannon RW, Smith MB. (1987) Phys Ther. 1987 Feb;67(2):206-7

## EK 8. VİZUEL ANALOG SKALA

### VİZUEL ANALOG SKALA (VAS)

Adımız Soyadımız: \_\_\_\_\_ Tarih: \_\_\_\_\_

Ağrı şiddetinizi aşağıdaki ölçek üzerinde işaretleyin.

Hiç ağrı olmaması

En dayanılmaz ağrı

