

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ALT EKSTREMİTE HASTALARINDA MOTOR HAREKETLERİN sEMG
TABANLI ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Buket ŞİMŞEK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

TEMMUZ 2023

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ALT EKSTREMİTE HASTALARINDA MOTOR HAREKETLERİN sEMG
TABANLI ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Buket ŞİMŞEK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

TEMMUZ 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALT EKSTREMİTE HASTALARINDA MOTOR HAREKETLERİN sEMG
TABANLI ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Buket ŞİMŞEK
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından
220s026 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEMMUZ 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ALT EKSTREMİTE HASTALARINDA MOTOR HAREKETLERİN SEMG
TABANLI ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Buket ŞİMŞEK
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 14/07/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer H. ÇOLAK (Danışman)
Prof. Dr. Şükrü Özen
Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ
Prof. Dr. Özlem COŞKUN
Doç. Dr. Övünç POLAT

ÖZET

ALT EKSTREMİTE HASTALARINDA MOTOR HAREKETLERİN SEMG TABANLI ANALİZİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Buket ŞİMŞEK

Doktora Tezi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer H. ÇOLAK

Temmuz 2023; 83 sayfa

Amputasyon, bir veya daha fazla kemiğin ya da kemik parçasının kesilerek vücuttan çıkarılması işlemine denilmektedir. İlk amputasyon, Heradot'un milattan önce 484 yılında, pers askeri Hegesistratus tarafından travmaya bağlı olarak kendi ayağını kesmesi ile meydana gelmiştir. Daha sonraki yıllarda da amputasyon işlemi devam etmiştir. Amputasyonlar farklı seviyelerde olabilir. Amputasyon sonrası replantasyon cerrahisi gerçekleştirilebilir. Replantasyon, travma sonrası kopan uzuvların, yeniden kopan yere implante edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Travmaya bağlı olarak gerçekleşen amputasyonda alt ekstremitenin replantasyonu teknik olarak uygulanabilir bir cerrahi adımdır.

Elektromiyografi, vücudun elektriksel iletiminden tespit edilebilen ve kasların kasılma veya gevşeme esnasındaki elektriksel aktivite aracılığıyla üretilen biyoelektrik sinyaller olarak tanımlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, farklı seviyelerdeki amputasyonları ve replantasyonları motor hareketlerde temel kas grupları için kas dinamiklerinin değişimini analiz etmek, kas aktivasyon haritalarını oluşturmak, farklı seviyeden ampute edilmesi mümkün olan hastalarda ampute edilen seviyenin bu kas dinamiklerini nasıl değiştirdiğini değerlendirmektir. Ayrıca hasta grupları ve kontrol grupları arasındaki farklılıkları ve değişimleri analiz etmek, bu değişimleri kişinin rehabilitasyon süreçleriyle ilişkilendirmek, fizyoterapinin geliştirici etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmaya tek taraflı alt ekstremitte farklı seviyelerden ampute-replant hasta grubu ve 15 kişiden oluşan kontrol grubu dahil edilmiştir. Bu çalışma, tek taraflı alt ekstremitte farklı seviye amputasyonların motor fonksiyonlarının seviye odaklı analizi ve kontrol grubu ve replant hasta grupları ile farklılıklarının incelenmiştir. Tüm motor verilerin normal gruplarla karşılaştırılıp farklılıkların kas aktivasyonları açısından ortaya konularak hem zamana hem de rehabilitasyona bağlı olarak değişimleri değerlendirilmiştir. Ek olarak kas aktivasyon haritaları oluşturulan özelliklerden ve yürüme analizinden elde edilen sonuçlardan, kontrol grubu, amputasyon grubu ve replantasyon grubu arasındaki farklılıklar için istatistiksel analizler yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda alt ekstremitte ampute ve replant hastalarının motor hareketleri yaparken bazı elektrot bölgelerinde sağlıklı bireylerde bulunmayan kasılmalar gözlenmiş ve bunun sebebi olarak bireyin hareketi tam olarak yapamayıp kasılmayı başka yönere kaydırması olabileceği ortaya konulmuştur. İstatistiksel analiz

sonuçlarında kontrol grubu ve hasta gruplarının kas aktivasyonları arasında farklılık gözlemlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Alt ekstremitte amputasyon, Kas aktivasyonu, Rehabilitasyon, Yüzey elektromiyografi(sEMG)

JÜRİ: Prof. Dr. Ömer H. ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü Özen

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

Prof. Dr. Özlem COŞKUN

Doç. Dr. Övünç POLAT



ABSTRACT

sEMG-BASED ANALYSIS AND EVALUATION OF MOTOR MOVEMENTS IN LOWER EXTREMITY PATIENTS

Buket ŞİMŞEK

PhD Thesis in Electrical Electronics Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ömer H. ÇOLAK

July 2023; 83 pages

Amputation is the process of removing one or more bones or bone fragments from the body by cutting. The first amputation occurred when Heradot cut his own foot due to trauma by the Persian soldier Hegesistratus in 484 BC. In the following years, the amputation process has been continued. Amputations can be different levels. Replantation surgery can be performed after amputation. Replantation is defined as the re-implantation of limbs torn off after trauma. Replantation of the lower extremity is a technically feasible surgical step in amputation due to trauma.

Electromyography is defined as bioelectric signals that can be detected from the body's electrical conduction and produced by electrical activity during muscle contraction or relaxation. The aim of this thesis is to analyze the changes in muscle dynamics for basic muscle groups in different levels of amputations and replantations, to create muscle activation maps, and to evaluate how the amputated level changes these muscle dynamics in patients who can be amputated from different levels. In addition, it is also aimed to analyze the differences and changes between the patient groups and control groups, to associate these changes with the rehabilitation processes of the person, and to evaluate the improving effect of physiotherapy. For these purposes, amputee-replant patient group from different levels of unilateral lower extremity and a control group consisting of 15 people were included in this thesis. This thesis is investigated the level-based analysis of the motor functions of unilateral lower extremity different level amputations, their differences with the control, and replanted patient groups. All motor data are compared with the normal groups, and the differences are revealed in terms of muscle activation, their changes in terms of both time and rehabilitation were evaluated. In addition, statistical analyzes are performed for the differences among the control group, amputation group, and replantation group from the features of which muscle activation maps were created and the results obtained from the gait analysis.

As a result of the analyzes performed, contractions in some electrode areas that are not found in healthy individuals are observed while performing motor movements in lower extremity amputee and replant patients. It is revealed that this could be due to the individual not performing the movement fully and shifting the contraction to other directions. According to the statistical analysis results, a difference was observed between the muscle activations of the control and patient groups.

KEYWORDS: Lower extremity amputation, Muscle activation, Rehabilitation, surface electromyography(sEMG)

COMMITTEE: Prof. Dr. Ömer H. ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü Özen

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

Prof. Dr. Özlem COŞKUN

Assoc. Prof. Dr. Övünç POLAT



ÖNSÖZ

Çalışma sürecimde her türlü yol gösterici olan, her zaman beni cesaretlendiren ve destekleyen, bilgi birikimiyle çalışmama farklı bakış açıları sunan, beraber çalışmaktan ve her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocam Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK' a sonsuz teşekkür ederim.

Bu çalışmada bana destek veren, beni motive eden, her konuda yardımcı olan değerli çalışma arkadaşlarıma Esra SÜZEN, Ayhan ŞAVKLIYILDIZ, Ceyhun ÇELEBİ, Kayhan ATEŞ, Atalay KOCAKUŞAK'a sonsuz teşekkür ederim. Tüm bölüm arkadaşlarıma, sEMG kayıtlarını alırken beni hiç yalnız bırakmayan ekibime, değerli hastalarımıza ve bize gönüllü kayıt veren tüm değerli arkadaşlarıma sonsuz teşekkür ederim. Onlar olmadan bu çalışmayı gerçekleştiremezdim.

Ayrıca bu çalışmaya destek veren TÜBİTAK'a ve proje yürütücümüz olan Prof. Dr. Ömer Özkan'a böyle bir çalışma yapmama olanak sağladığı için teşekkür ederim.

Son olarak tüm hayatım boyunca yanımda olan, aldığım her kararda arkamda olan ve beni destekleyen sadece tez çalışmamda değil tüm hayatım boyunca bana cesaret ve moral veren canım ailem annem Saniye ŞİMŞEK' e babam Yılmaz ŞİMŞEK' e ablam Burçin ŞİMŞEK' e, benim canım Cansu Akın'a, canım arkadaşlarıma, sonsuz şükranlarımı sunar, her şey için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1. Ampütasyon.....	4
2.2. Rehabilitasyon	4
2.3. Elektromiyografi	5
3. MATERYAL VE METOT	8
3.1. Kas Grupları	8
3.2. Deney Prosedürleri	12
3.2.1. Motor hareket kaydı.....	12
3.2.2. Yürüyüş bandı kaydı.....	13
3.2.3. Kayıtlar için tasarlanan ara yüz	14
3.3. Katılımcılar.....	14
3.3.1. Kontrol grubu.....	14
3.3.2.Hasta grubu.....	15
3.4. EMG Kayıtlarının Alınması	19
3.5. Verilerin Analizi.....	21
3.5.1.Ön işleme	22
3.5.2.Özellik Çıkarımı	23
3.5.3. Sınıflandırıcılar	26
3.5.4. Yürüme analizi.....	27
3.5.5. İstatistiksel analizler	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Kontrol Grubu Analiz Sonuçları	31
4.2. Replant Hasta Grubu Analiz Sonuçları	40
4.2.1. H.Y'nin analiz sonuçları.....	40

4.2.2. M.Y.İ'nin analiz sonuçları.....	46
4.3. Ampute Hasta Grubu Analiz Sonuçları.....	51
4.3.1. S.Y'nin analiz sonuçları	51
4.3.2. Ş.N.G'nin analiz sonuçları.....	55
4.3.3. M.F.Ş'nin analiz sonuçları.....	60
4.3.4. S.K'nin analiz sonuçları	63
4.3.5. M.S'nin analiz sonuçları.....	68
4.4. İstatistiksel Sonuçlar.....	73
5. SONUÇLAR	77
6. KAYNAKLAR	79
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktor Tezi olarak sunduğum “Alt Ekstremitte Hastalarında Motor Hareketlerin sEMG Tabanlı Analizi ve Değerlendirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

14/07/2023

Öğrencinin Adı Soyadı

Buket ŞİMŞEK

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

α = anlamlılık düzeyi

$\bar{x}$ = ortalama

Kisaltmalar

AÜ: Akdeniz Üniversitesi

DAMV: Mutlak Fark Ortalama Değeri

DASDV: Mutlak Fark Standart Sapma Değeri

EMG: Elektromiyogram

FD: Fraktal Uzunluk

HCob: Hjorth Karmaşıklık Parametresi

HMob: Hjorth Mobilite Parametresi

IAV: Entegre Mutlak Değer

KNN: K-en Yakın Komşuluk

Kurt: Kurtosis (Çarpıklık)

LFE: Sol Ayak Bileği Ekstansiyonu

LFF: Sol Ayak Bileği Fleksiyonu

LHB: Sol Kalça Abdüksiyon

LHD: Sol Kalça Addüksiyon

LHE: Sol Kalça Ekstansiyonu

LHF: Sol Kalça Fleksiyonu

LKE: Sol Diz Ekstansiyonu

LKF: Sol Diz Fleksiyonu

LTE: Sol Ayak Parmağı Ekstansiyonu

LTF: Sol Ayak Parmağı Fleksiyonu

RFE: Sağ Ayak Bileği Ekstansiyonu

RFF: Sağ Ayak Bileği Fleksiyonu
RHB: Sağ Kalça Abdüksiyon
RHD: Sağ Kalça Addüksiyon
RHE: Sağ Kalça Ekstansiyonu
RHF: Sağ Kalça Fleksiyonu
RKE: Sağ Diz Ekstansiyonu
RKF: Sağ Diz Fleksiyonu
RMS: Root Mean Square (Karekök ortalama)
RTE: Sağ Ayak Parmağı Ekstansiyonu
RTF: Sağ Ayak Parmağı Fleksiyonu
SCC: Eğim İşareti Değişimi
sEMG: Yüzey Elektromiyogram
Skew: Skewness (Basıklık)
STD: Standart Sapma
SVM: Destek Vektör Makineleri
Var: Varyans
ZC: Sıfır Geçişleri
WAM: Willison Genliği
WL: Dalga Uzunluğu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. İğne elektrot bir monopolar (A), eş merkezli (B) ve tek lifli (C) kayıt elektrotunun kayıt alanının şeması.....	6
Şekil 2.2. Yüzey elektrot.....	6
Şekil 3.1. Elektrot yerleri	12
Şekil 3.2. Motor hareket kaydı süre prosedürü	13
Şekil 3.3. Yürüyüş bandı hız değişim ve süre prosedürleri	14
Şekil 3.4. Motor hareket kaydı süre prosedürü	14
Şekil 3.5. H.Y. replant hastası.....	15
Şekil 3.6. M.Y.İ. replant hastası.....	16
Şekil 3.7. S.Y. sol diz altı ampute hastası.....	16
Şekil 3.8. Ş.N.G. sol diz altı ampute hastası.....	17
Şekil 3.9. M.F.Ş. sol diz altı ampute hastası.....	18
Şekil 3.10. S.K. sağ ayak parmak ampute hastası.....	18
Şekil 3.11. M.S. sol ayak parmak ampute hastası.....	19
Şekil 3.12. Elektrotlar ve sEMG kayıt cihazları	20
Şekil 3.13. Diz- kalça, diz topuk uzunluk ölçümleri, elektrot yerleşimi ve kayıt esnasında kullanılan malzemeler.....	21
Şekil 3.14. EMG kayıtlarının alınması	21
Şekil 3.15. sEMG sinyali	22
Şekil 3.16. Ham yürüme sinyali	28
Şekil 3.17. Adım tespiti için kullanılan 45-95hz bant geçiren filtre uygulanmış sinyal.....	28
Şekil 3.18. Ham EMG sinyali ve adım bölgeleri.....	29
Şekil 4.1. Kontrol grubu ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	32
Şekil 4.2. Kontrol grubu sağ baş parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	34

Şekil 4.3. Kontrol grubu sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	34
Şekil 4.4. Kontrol grubu sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	35
Şekil 4.5. Kontrol grubu sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	35
Şekil 4.6. Kontrol grubu sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	36
Şekil 4.7. Kontrol grubu sol baş parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	36
Şekil 4.8. Kontrol grubu sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	37
Şekil 4.9. Kontrol grubu sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	37
Şekil 4.10. Kontrol grubu sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği...	38
Şekil 4.11. Kontrol grubu sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	38
Şekil 4.12. Kontrol grubu sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi	39
Şekil 4.13. H.Y. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	40
Şekil 4.14. H.Y. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	41
Şekil 4.15. H.Y. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	41
Şekil 4.16. H.Y. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	42
Şekil 4.17. H.Y. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	42
Şekil 4.18. H.Y. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	43
Şekil 4.19. H.Y. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	43
Şekil 4.20. H.Y. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	43
Şekil 4.21. H.Y. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	44
Şekil 4.22. H.Y. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	44
Şekil 4.23. H.Y. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	44

Şekil 4.24. H.Y. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi	45
Şekil 4.25. M.Y.İ. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	46
Şekil 4.26. M.Y.İ. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği ..	46
Şekil 4.27. M.Y.İ. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	47
Şekil 4.28. M.Y.İ. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	47
Şekil 4.29. M.Y.İ. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	47
Şekil 4.30. M.Y.İ. sağ kalça abduksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	48
Şekil 4.31. M.Y.İ. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	48
Şekil 4.32. M.Y.İ. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	48
Şekil 4.33. M.Y.İ. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	49
Şekil 4.34. M.Y.İ. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	49
Şekil 4.35. M.Y.İ. sol kalça abduksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	49
Şekil 4.36. M.Y.İ. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi	50
Şekil 4.37. S.Y. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	51
Şekil 4.38. S.Y. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	51
Şekil 4.39. S.Y. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	52
Şekil 4.40. S.Y. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	52
Şekil 4.41. S.Y. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	52
Şekil 4.42. S.Y. sağ kalça abduksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	53
Şekil 4.43. S.Y. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	53
Şekil 4.44. S.Y. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	53
Şekil 4.45. S.Y. sol kalça abduksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	54
Şekil 4.46. S.Y. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi	54

Şekil 4.47. Ş.N.G. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	55
Şekil 4.48. Ş.N.G. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği ..	56
Şekil 4.49. Ş.N.G. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	56
Şekil 4.50. Ş.N.G. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	57
Şekil 4.51. Ş.N.G. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	57
Şekil 4.52. Ş.N.G. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	57
Şekil 4.53. Ş.N.G. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	58
Şekil 4.54. Ş.N.G. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	58
Şekil 4.55. Ş.N.G. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	58
Şekil 4.56. Ş.N.G. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi	59
Şekil 4.57. M.F.Ş. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	60
Şekil 4.58. M.F.Ş. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği ..	60
Şekil 4.59. M.F.Ş. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	61
Şekil 4.60. M.F.Ş. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	61
Şekil 4.61. M.F.Ş. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	61
Şekil 4.62. M.F.Ş. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	62
Şekil 4.63. M.F.Ş. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	62
Şekil 4.64. M.F.Ş. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	62
Şekil 4.65. M.F.Ş. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	63
Şekil 4.66. S.K. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	63
Şekil 4.67. S.K. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	64
Şekil 4.68. S.K. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	64

Şekil 4.69. S.K. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	64
Şekil 4.70. S.K. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	65
Şekil 4.71. S.K. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	65
Şekil 4.72. S.K. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	65
Şekil 4.73. S.K. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	66
Şekil 4.74. S.K. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	66
Şekil 4.75. S.K. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	67
Şekil 4.76. S.K. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	67
Şekil 4.77. M.S. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları	68
Şekil 4.78. M.S. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	68
Şekil 4.79. M.S. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	69
Şekil 4.80. M.S. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	69
Şekil 4.81. M.S. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	69
Şekil 4.82. M.S. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	70
Şekil 4.83. M.S. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	70
Şekil 4.84. M.S. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	70
Şekil 4.85. M.S. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği	71
Şekil 4.86. M.S. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği.....	71
Şekil 4.87. M.S. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği	71
Şekil 4.88. M.S. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Ölçümlerde kullanılan kas grupları	8
Çizelge 3.2. Motor hareketler	13
Çizelge 3.3. Kontrol demografik özellikleri	15
Çizelge 3.4. Hasta grubu demografik özellikleri	19
Çizelge 4.1. EMG verilerinden çıkarılan özelliklerin başarı oranı çizelgesi	31
Çizelge 4.2. Harekete karşılık gelen aktif kasların istatistiksel karşılaştırmaları	73



1. GİRİŞ

İlk amputasyon, Heradot'un milattan önce 484 yılında, pers askeri Hegesistratus tarafından travmaya bağlı olarak kendi ayağını kesmesi ile meydana gelmiştir. Daha sonraki yıllarda da amputasyon işlemi devam etmiştir. 1842 yılında amputasyon alanındaki önemli gelişmelerden biri olarak bilinen ayak bileği dezartükülasyonunu Edinburg'lu cerrah James Syme gerçekleştirmesi ile bu süreç devam etmiştir. Takip eden yıllarda ve günümüzde de farklı seviyelerde amputasyonlar olmaya devam etmektedir (Alsancak 2000).

Amputasyon, bir veya daha fazla kemiğin ya da kemik parçasının kesilerek vücuttan çıkarılması işlemine denilmektedir. Damar hastalıkları, travmalar, tümörler, sinir yaralanmaları, enfeksiyonlar, termal hasarlar, konjenital malformasyonlar gibi pek çok sebep ampütasyona neden olabilmektedir. Ampütasyonlar farklı seviyelerde olabilir. Amputasyon sonrası replantasyon cerrahisi gerçekleştirilebilir. Replantasyon, travma sonrası kopan uzuvların, yeniden kopan yere implante edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Travmaya bağlı olarak gerçekleşen amputasyonda alt ekstremitenin replantasyonu teknik olarak uygulanabilir bir cerrahi adımdır. Gerçekleşen amputasyonlarda ve replantasyonlarda bir rehabilitasyon süreci başlatılabilir (Gayle vd. 1991).

Rehabilitasyon, bireyin bozulan sağlık durumunu iyileştirme, kaybettiği fonksiyonlarını geri kazanması, yaşam kalitesini artırması ve başkalarına olan bağımlılığı ortadan kaldırmak için uygulanan bir tedavi sürecidir. Genellikle hastalık, yaralanma ve cerrahi operasyon sonucu ortaya çıkan fiziksel, zihinsel veya duygusal sorunları ele alan bir tedavi yöntemidir. Rehabilitasyon belli bir zamanda gerçekleşir ve kişinin sorunlarının ve ihtiyaçlarının tanımlanmasını sağlar. Bu sorunların tanımlanması multidisipliner bir ekip tarafından gerçekleştirilir. Multidisipliner ekip, fizyoterapistler, psikologlar, sosyal hizmet uzmanları, konuşma-dil terapistleri, diyetisyenler, hemşireler, doktorlar ve rehabilitasyon çalışanlarından oluşur (WHO).

Bir milyardan daha fazla insanın, kimseye bağlı kalmadan yaşama ve yaşam standartlarını etkileyen nörolojik hastalıkların, amputasyonların sebep olduğu, yürüme ve dengede kalmada bozuklukları Dünya Sağlık Örgütündeki verilerde yer almaktadır (Turner vd. 2013; Calabro vd. 2016), Bu denge ve yürüme bozuklukları ya da uzuv kayıpları insanların kaslarındaki kasılmaların etkinleşmesindeki farklılıkları da meydana getirmektedir. Dolayısıyla kaslardaki kasılmanın etkinliğini ve kas dinamiklerini kıyaslamak için, invazif olmayan yüzeysel elektromiyografi (sEMG) kullanmak en etkili metottur.

Vücudun herhangi bir yerinden alınan sinyaller, ilgilenilen fiziksel bir değişkeni yansıtan bir organdan alınan bir elektrik sinyali anlamına gelir. Alınan bu sinyal normalde bir zaman fonksiyonu olarak bilinir ve genliği, frekansı, fazı ile tanımlanabilir. EMG sinyali, nöromüsküler aktiviteleri yansıtan kasılma sırasında kaslarda üretilen elektrik akımlarını ölçen biyomedikal bir sinyaldir (Raez vd. 2006).

1.1.Kapsam

Bu tez çalışmasının kapsamında hasta grubunun, tek taraflı farklı seviye amputasyona sahip hastalar ve alt ekstremitte replantasyon hastalarının olmasına karar verilmiştir. Tek taraflı farklı seviye amputasyona sahip hastalar ve alt ekstremitte replantasyon hastalarının kas dinamiklerinin nasıl değiştiğine ve rehabilitasyon alan gruplarda bu rehabilitasyonun etkinliğinin analizine odaklanılmıştır. Alt ekstremitte problemi mekanizmasının aydınlatılması için tek amputasyon ve replantasyon grubunda sEMG veri çözümleriyle değerlendirileceği ilk çalışma olacaktır. Çalışma bu hedef doğrultusunda sEMG analizlerini içeren ve rehabilitasyonla kas aktivasyon gelişimini çözümleyecektir. Alt ekstremitte replantasyon hastalarının dünya üzerinde az sayıda bulunması ve bunlara ait çalışmaların oldukça sınırlı olması, motor veri gruplarıyla ilk kez değerlendirilecek olması çalışmanın özgün yönlerinden birisidir.

Tek alt ekstremitte farklı seviye amputasyonların motor fonksiyonlarının seviye odaklı analizi, kontrol grubu ve replant hasta grupları ile farklılıklarının incelenmesi de alt ekstremitte amputasyonları için yapılmış en kapsamlı çalışmadır. Tüm motor verilerin normal gruplarla karşılaştırılıp farklılıkların kas aktivasyonları açısından ortaya konulması, zamana ve rehabilitasyona bağlı olarak değişim ve gelişimin yine bütün gruplar için analiz edilip rehabilitasyon performansının değerlendirilmesi çalışmanın bütüncül özgün yönüdür.

Bu tez çalışmasından elde edilecek sonuçlar kişiye özel bilişsel rehabilitasyon tasarımlarının yaratılması, başarılı cerrahi operasyonlar, kantitatif klinik değerlendirme, adaptif eksoskeleton ekipmanlarının gerçekleştirilmesi ve klinikte kullanılması için oldukça önemlidir. Amputasyona giden durumlar ya da replantasyonda iyileşme süreci uzamasının önüne geçmek için de öncü bir çalışmadır.

1.2.Amaç

1- Alt ekstremitte tek ve farklı seviyelerdeki amputasyon hastalarında motor hareketlerde temel kas grupları için harekete ve hastaya sEMG aktivasyon haritalarını oluşturmak,

2- Farklı seviyelerdeki amputasyonları (her biri farklı rezidü kas grubunu barındırmaktadır) kendi içerisinde değerlendirerek kas dinamiklerinin değişimini analiz etmek, kas aktivasyon haritalarını oluşturmak, farklı seviyeden ampute edilmesi mümkün olan hastalarda ampute edilen seviyenin bu dinamikleri nasıl değiştirdiğini değerlendirmek,

3- Rehabilitasyon alan replant hasta gruplarında standart fizyoterapi prosedürlerinin etkisini kas aktivasyon haritaları ile sunmak,

4- Replant hastalar ve ampute hastaları birbiri içerisinde ve normal grupla karşılaştırarak sonuçları değerlendirmek, kas aktivitelerinde farklılıkları ve değişimleri analiz etmek, bu değişimleri kişinin rehabilitasyon süreçleriyle ilişkilendirmek, fizyoterapinin geliştirici etkisini değerlendirmek amaçlanmıştır.

1.3. Yöntem

Bu çalışmadaki temel yöntem farklı seviyelerdeki amputasyon hastalarında motor hareketlerde temel kas grupları için harekete ve hastaya bağlı sEMG aktivasyon haritalarını oluşturmak ve elde edilen sonuç üzerinden çıkarım yapmak üzerinedir. Kas aktivasyon haritalarını oluşturmada önce ham sEMG sinyalleri ne öncelikle ön işlem basamakları uygulanmıştır. Böylece ham sinyal olası tüm gürültülerden arındırılmıştır. Gürültüden arındırılmış sinyallerde özellik çıkarımı işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonra yapılan motor hareket kayıtlarında, hareketler arası sinyallerde oluşan (matematiksel) ayrışımı bulabilmek adına sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Yapılan sınıflandırma sonucunda başarı oranı yüksek olan özellik çıkarım yöntemleri için kas aktivasyon haritaları oluşturulmuştur.

Yürüme analizinde öncelikle, gerçek sinyalde gözlemlenen 50Hz şebeke gürültüsü ve harmonikleri durduran filtreler yardımı ile temizlendi. Yürüyüş bandında alınan EMG verisinde adım sırasında oluşan salınımların yer aldığı sinyal aralığı tespit edilmelidir. Adım bölgelerinin saptanmasında tarafından tasarlanan algoritma yardımı ile tespit algoritması oluşturuldu (Scholkman vd. 2010). Daha sonra bu filtrelemiş ve sinyal aralığı tespit edilmiş sinyale kayan standart sapma penceresi uygulanarak bir standart sapma sinyali elde edildi. Pencereye ayrılmış sinyale kısa zamanlı fourier dönüşümü (stft) uygulandı.

Kas aktivasyon haritaları oluşturulan özelliklerden ve yürüme analizinden elde edilen sonuçlardan, kontrol grubu, amputasyon grubu ve replantasyon grubu arasındaki farklılıklar için istatistiksel analizler yapılmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Ampütasyon

Ampütasyon, vücutta bir uzvun cerrahi yolla tamamen veya kısmen çıkarılması işlemi olarak bilinmektedir. Alt ekstremitte amputasyonundan sonra bireylerin kendi başına hareket etmelerinin ilerletilmesi, işlevsel bir şekilde hareketliliğin yeniden elde edilmesi ve yaşam kalitesinin eski haline geri döndürülmesi oldukça önemlidir. Ampütasyon işlemi gerçekleştirildikten bireylerin eski yaşamlarına tekrar dönebilmeleri adına protez uygulaması, fizyoterapi ve rehabilitasyon, ampute olan kısım iyileşir iyileşmez hemen uygulamak gerekmektedir (Esquenazi ve Digiaco 2001). Ampütasyon operasyonu gerçekleştirildikten sonra iyileşme sürecini takiben uygun protezlerin uygulaması yapılmalıdır (Esquenazi 2004). Ampute olan bireylere uygun protez seçimi birçok unsura bağlı olarak değişmektedir. Bu unsurların başında yaş, amputasyonun nedeni, amputasyonun seviyesi, ampütasyon tarafı, amputasyona dahil olan ekstremitte sayısı, medeni durum ve eşlik eden komplikasyonlar gibi birçok unsur gelmektedir (Horgan ve MacLachlan 2004; Rybarczyk vd. 2004a; Ulger vd. 2018).

Dünya genelinde yaş ile bağlantılı olan amputasyonlardan bir istatistiksel bilgi edinmek oldukça sıkıntılıdır. Bunu sebebi, uzuv kaybı yaşayan hastaların genelinde hastalıktan kaynaklanmasından dolayı bireylerin yaşı daha ileridir ve amputasyon 60 yaşından sonra meydana gelir (Kay ve Newman 1975). Travmatik olan amputasyonlar ise daha çok aktif ve genç bireylerde meydana geldiği ortaya konulmuştur. Travmatik amputasyonlar genelde erkeklerde daha yüksek orandadır. Bunun sebebi olarak erkekler tarafından, tercih edilen tütün kullanımı gösterilmektedir (Esquenazi 2004).

2.2. Rehabilitasyon

Ampütasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra, uzuv kaybı olan birey, kendisi için oluşturulan bir insan-makine arayüzü (soket ya da kalıntı uzuv) yardımıyla günlük hayatının çok büyük bir kısmını kendi fiziksel gücüyle veya dışarıdan almış olduğu güç ile (baston, koltuk değneği) çalışan bir protezden yararlanabilmelidir. Ampute olan bölgedeki yara iyileşir iyileşmez ise mümkün olan en kısa süreçte protez takılması işleminin gerçekleşmesi oldukça önemli bir husustur (Esquenazi ve Digiaco 2001; Esquenazi 2004).

Günümüzde olduğu gibi geçmiş zamanlarda da ampute hastalara suni uzuvlar implante edilirdi. Fakat suni uzuvlar implante edilirken hastalara rehabilitasyon eğitimi veya özel ihtiyaçları için herhangi bir eğitimin verilmesi konusuna çok az dikkat edildiği gözlemlenmiştir. Son yirmi yıl içinde, rehabilitasyon ve tedavi ekiplerinin uzmanlaşmış olması, daha iyi protez ekipmanlarının meydana çıkmasıyla, tüm ampute olan bireylerin beklentileri karşılandı (Esquenazi ve Digiaco 2001).

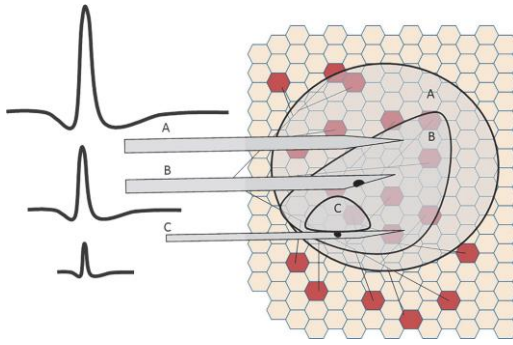
En yaygın olarak kabul görmüş sakatlanmalardan biri olan alt ekstremitte amputasyonun seviye farklılığı, rehabilitasyon yapan uzmanlarına farklı birçok bakış açısı kazandırmaktadır. Bu farklı bakış açılarından ilki, ampütasyona bağlı bir fiziksel engellilikte bedensel yönlerin birbirlerine uyum sağlama sürecinde, bireyin psikolojik, gelişimsel ve sosyal çevresinden kaynaklarından çok daha az merkezi olduğunu gösteren zengin bir örnektir. Diğer bir bakış açısı ise, son araştırmalar, algılanan sosyal

damgalanma, öz-bilinç, kırılganlık ve beden imajı gibi amputasyonla ilgili sosyal algıların ve duyguların kritik rolünün altını çizmiştir (Rybarczyk vd. 2004b). Bu sebeple rehabilitasyon, kişinin kaybetmiş olduğu fiziksel kapasiteyi ve psikolojik durumunu en üst seviyeye çıkarmayı, bağımlılıkları en aza indirmeyi ve amputasyon sonrasındaki yaşam kalitesini maksimuma çıkarmayı hedefleyen tedavi yöntemlerinin yaklaşımı olarak bilinmektedir. Ampute bireylerin rehabilitasyon süreci, hastaların protez ile tanışmasını, protez kullanımlarının beraberinde getireceği yan etkilerin üstesinden gelmek, gündelik hayatlarına devam edebilmek ve işlerine dönmelerinde yardımcı olacak bütün bu süreçleri kapsamaktadır.(Andrews 1996; Frieden 2005). Bunun yanı sıra ampute bireyler için planlanan rehabilitasyon programı, bireylerin olası yan etkileri düzgün bir şekilde atlatabilmesi ve gündelik ihtiyaçlarını bir an önce hiç kimseye bağımlı olmadan yapabilmeleri, bağımsız olabilmesi oldukça önemli bir husustur (Andrews 1996).

2.3. Elektromiyografi

Vücudun farklı kısımlarında oluşan elektrokimyasal olayların sonucu olarak üretilen biyoelektrik sinyaller spesifik bir doku veya organdaki elektriksel potansiyel farklarının toplamı tarafından üretilen elektrik akımları olarak kaydedilir. EMG sinyali, vücudun dış yüzeyinden (deri yüzeyinden) tespit edilebilen ve kasların kasılma veya gevşeme esnasındaki elektriksel aktivite aracılığıyla üretilen biyoelektrik sinyallerin en iyilerinden biri olarak tanımlanmaktadır (Alkan ve Günay 2012). EMG'ye olan ihtiyacın asıl sebebi, EMG sinyallerinin elektrofizyolojik bilgiler içerdiğinden tıp, mühendislik, biyomedikal uygulamalar ve klinik tanı yöntemleri gibi alanlarda oldukça kullanılan bir metottur. EMG motor yetersizlik yönetimi ve rehabilitasyon, kas organizasyonları gibi alanlarda da uygulanmaktadır (Raez vd. 2006).

EMG sinyalleri, kasların elektriksel aktivitesi olarak bilinmektedir. Bu elektriksel aktivitenin ölçülmesinde iki tip elektrot kullanılmaktadır. Bunlardan birincisi yüzey elektrot ile tespit edilen, ikincisi ise kas içine yerleştirilen iğne elektrot ile tespit edilen elektrot tipleridir (Farina ve Negro 2012). Yüzey elektrotların kas içi elektrotlara göre daha avantajlıdır. Bu avantaj, non-invaziv olmaları ve elektrot yerleştirilmeden önce anestezi bir işlem gerektirmemesidir. Yüzey elektrot ile kayıt almak basit ve ağrısız bir işlemdir. Sinyalleri kaydederken, yüzey elektrotlar deneyin cildine yerleştirilir ve kayıt alma işlemi gerçekleştirilir (Navarro vd. 2005). Genellikle yüzey elektrotlar tercihen kas aktivasyonundaki zaman veya yoğunluk değişimini saptamak için tercih edilen bir yöntemdir (Merletti ve Luca 1989). İkincisi tip elektrot ise, kas içinden alınan iğneli EMG invaziv olan elektrotlar tarafından kaydedilmektedir. İğne elektrotlar, kas içerisine yerleştirilen iğne ile, dinlenme halindeyken ve istemli kasılma sırasında motor ünitelerin tek tek kas liflerinin aksiyon potansiyellerinden türetilen elektrik sinyallerini kaydetme yöntemidir (Rubin 2019).



Şekil 2.1. İğne elektrot bir monopolar (A), eşmerkezli (B) ve tek lifli (C) kayıt elektrotunun kayıt alanının şeması (Rubin 2019)



Şekil 2.2. Yüzey elektrot

İnsan vücudundaki kasların kasılma durumlarının normal olup olmadığını kontrol etmek ve anlamak için en iyi yöntem EMG sinyallerinin kayıt altına alınmasıdır (Alkan ve Günay 2012). Kasların her kasılma-gevşeme hareketi, birkaç kas lifinin belirli bir aktivasyonuna karşılık gelmektedir. Böylece kasılıp-gevşeme hareketlerini tanımlamak için çok kanallı EMG kayıtları kullanılması kas aktivasyonunun belirlenmesinde daha doğru sonuç verir. EMG sinyallerinin yapısı karmaşık olduğundan, özellikle EMG hareketle ilgili bir sinyal ise ayrıntılı analiz edilmesi ve sınıflandırma gerekmektedir (Kumar vd. 2001).

Sinir sistemi daima kasların kasılma ve gevşeme aktivitelerini organize eder. Bu yüzden EMG sinyalleri, sinir sistemi tarafından kontrol edilen aynı zamanda kasların anatomik ve fizyolojik özelliklerine göre değişiklik gösteren kompleks sinyallerdir. Bu sinyaller, vücutta farklı dokulardan da geçtiği için geçerken bu sinirler sinyallerde gürültü oluşturur. Ayrıca, EMG ölçümü eğer deri yüzeyinden yapılıyorsa, farklı motor ünitelerden eş zamanlı farklı sinyallerin etkilediği sinyalleri de bir araya getirir (Raez vd. 2006). Kaslardan alınan sinyallerde çeşitli gürültü kaynakları vardır. Bu gürültü kaynakları, sEMG sinyalini bozar ve sinyalin hatalı yorumlanmasına sebep olur (De

Luca vd. 2010). İstenmeyen bu gürültüler, elektrot aralığına, deri ile kas dokusu arasındaki yağ dokusu miktarına, cilt dokusuna, kan akış hızına, vücut sıcaklığına, aksiyon potansiyellerinin şekillerine ve kas tipine bağlı olarak 0-400Hz arasında değişmektedir (Basmajian ve Luca 1985). Ayrıca bu sinyallere gürültü yapabilecek alçak frekanslı gürültünün birkaç içsel ve dışsal kaynağı bulunmaktadır. Dış gürültü kaynağı olarak, şebeke gürültüsü ve elektrodun bağlı olduğu kablo hareketi artefaktıdır. Bu gürültüler güncel elektronik teknolojisi ve uygun devre tasarımlarıyla birlikte hemen hemen hepsi sinyalden arındırılabilirler. İç gürültü kaynağı olarak, termal gürültü ve cilt elektrot arayüzünden (elektrokimyasal gürültü) meydana gelmektedir (Huigen vd. 2002).

Elektrottaki doğal gürültülerde, elektronik cihazların hepsinde, “doğal gürültü” olarak bilinen bir elektriksel gürültü mevcuttur. Bu gürültüler, 0-1000Hz arasında değişen frekans bileşenlerine sahip gürültülerdir. Yüzey elektrotlar ile alınan kayıtlarda gümüş / gümüş klorürden (10 x 1 mm) oluşturulan elektrotlarda belirli ve istikrarlı bir gürültü oranı olduğu bulunmuştur (Navarro vd. 2005).

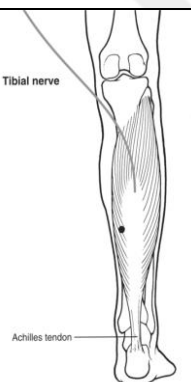
Hareket artefaktını, elektrotu cihaza bağlayan kablo hareketleri ve elektrotun yüzeyi ile cilt ile kas arasında kalan kısım oluşturmaktadır (Luca 1988). EMG sinyalleri kaydedilirken, elektrotlar kas gruplarına en yakın şekilde yerleştirilmelidir. Kaslar aktif durumdayken, kasın boyu kısalır ve böylece kas, deri ve elektrotlar birbirleriyle senkron bir şekilde hareket etmeye başlar. Bu hareket sırasında, elektrotlarda bir takım hareket artefaktları oluşur. Hareket gürültüsünün frekansı çoğunlukla 1-10 Hz arasındadır (Conforto vd. 1999).

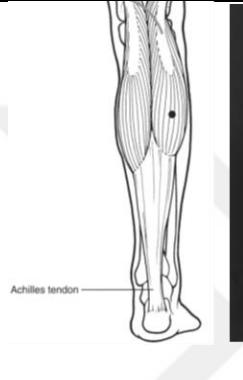
İnsan vücudunun bir anten görevi üstlenmesi elektromanyetik gürültüye sebep olabilmektedir. Ayrıca vücut yüzeyi, elektromanyetik gürültüye sebep olan elektrik ve manyetikten devamlı etkilenmektedir. Böylece dışarıdan gelen elektromanyetik dalgalar istenmeyen gürültü sinyalini açığa çıkarmaktadır (Raez vd. 2006). Bu gürültü kaynaklarına ek olarak, şebeke gürültüsü olarak bilinen güç kaynaklarından ortaya çıkan 50Hz ve harmoniklerinde oluşan radyasyondan kaynaklanan gürültüdür. Ayrıca tüm bu gürültü kaynaklarının EMG sinyalinden arındırılması için, sinyalin bir takım ön işlem basamaklarından geçirilmesi gerekmektedir (Clancy vd. 2002).

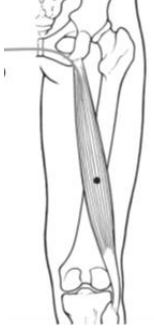
3. MATERYAL VE METOT

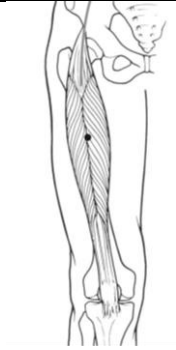
3.1. Kas Grupları

Çizelge 3.1. Ölçümlerde kullanılan kas grupları (Zafeiriou 2002), (<http://www.seniam.org/>), (<https://www.physio-pedia.com/home/>)

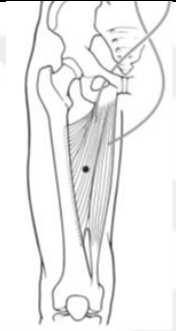
1.Extensor Hallucis Longus (E1)		
		Tibialis anterior ve Extensor digitorum longus arasındaki ince bir kas olarak bilinmektedir. Bacığın yan kısmında yer alır. Ayak bileğinin ekstansiyon ve ayak parmaklarının ekstansiyonunda önemlidir (Lezak ve Summers 2019).
2.Soleus Kası (E2)		
		Baldır kısmında bulunan güçlü bir kas grubudur. Dizin hemen alt kısmından topuğa kadar uzanır ve ayakta durma ve yürüme ile ilişkili bir kastır. Gastrocnemius kasıyla ilişkilidir. Dizin hemen altından topuğa kadar uzanır ve ayakta durma ve yürüme ile ilgilidir. Ayak ekstansiyonu hareketinde aktiftir.
3. Tibialis Anterior (E3)		
		Tibianın lateral kısmında yer almaktadır; üst tarafı kalın ve etli bir yapıdadır, alt kısımda eğimli bir yapıdadır. Kastaki lifler dikey bir şekilde aşağıya doğru ilerler ve bacağın alt üçte birlik kısmındaki kasın ön tarafında bulunan bir tendonda biter. Bu kas, bacağın üst kısmında anterior tibial damarlar ve derin peroneal sinir ile kesişir. Ayak bileğinin ekstansiyon hareketinde aktif olan kastır.
4. Gastrocnemius Medial Head (E4)		

 	Bu kas grubu bacağın arka alt bölgesini oluşturan temel ve olçukça güçlü kaslardan biridir. İki eklemden oluşmuştur veya biartikülerdir. Bu sebeple iki başı bulunur ve dizin alt kısmından topuğa kadar uzanır. ayak bileği tam ekstansiyonunda aktif olan kastır.
5. Gastrocnemius Lateral Head (E5)	
 	Bacağın arka alt bölgesini oluşturan temel ve olçukça güçlü kaslardan bir diğeridir. İki eklemden oluşan bir kas grubudur bu sebeple iki başı vardır. Dizin altından topuk kısmına kadar uzanmaktadır. Bilek fleksiyon hareketinde aktif olan kastır.
6. Biceps Femoris (Short Head) (E7)	
 	Uyluğun arka tarafında bulunan bir kastır ve posterolateral kısımda bulunur. Proksimalde, 'uzun baş' (yüzeysel) ve 'kısa baş' (derin) olarak yer alan iki 'baş' ile oluşur. Biceps femoris kası Hamstringlerin bir parçası olarak bilinmektedir. Bu kas grubu Proksimalin 'uzun baş' (yüzeysel) kısmıdır. Dizin ve kalçanın fleksiyonu kası harekete geçirir. Hem kalça hem de diz eklemlerini geçerek kalçadaki ekstansiyonu dizin fleksiyonu ile bütünleştirir.
7. Biceps Femoris (Long Head) (E9)	

 	Uyluğun arka tarafında bulunan ve posterolateral tarafta yer alan bir kas grubudur. Proksimalde, 'uzun baş' (yüzeysel) ve 'kısa baş' (derin) olarak yer alan iki 'baş' ile oluşur. Hamstringlerin bir parçası olarak bilinmektedir. Bu kas grubu Proksimalin 'kısa baş' (derin) kısmıdır. Dizin ve kalçanın fleksiyonu kası harekete geçirir. Bu kas kalça ekstansiyonuna katkıda bulunamaz.
8. Vastus Medialis (E8)	
 	Uyluğun ön kısmını oluşturan kompartmanındaki dört kas grubundan biri olarak bilinmektedir. Kuadriseps kasını meydana gelmesini sağlayan diğer kasların yardımıyla diz ekstansiyonunda görev alır. Diz ekstansiyonunda aktif olur.
9. Vastus Lateralis (E10)	
 	"Vastus Eksternus" olarak bilinen, uyluk bölgesindeki kuadriseps kaslarından en büyüğü ve güçlüsü olan kas grubudur. Kuadriseps grubunun diğer kasları ile birlikte diz eklemini uzatmaya, alt bacağı ileri doğru hareket ettirmekte görevlidir. Kuadriseps kasını meydana gelmesini sağlayan diğer kasların yardımıyla diz eklemini uzatılmasına ve alt bacağı ileri doğru hareketine yardımcı olur. Diz ekstansiyonunda aktif olur.
10. Vastus İntermedius (Semitendinosus) (E11)	
 	Uyluğun ön tarafında Rectus Femoris kasının alt bölgesinde yer alan ve her iki yanında Vastus medialis - Vastus Lateralis bulunan bir kastır. Dört kas grubundan meydana gelen Kuadriseps Femoris kasından biridir. Kalça ekstansiyonu ve diz fleksiyonu hareketlerinde aktiftir.

11. Rectus Femoris (E12)

Bu kas, insan vücudunda yer alan dört kuadriseps kasından biri olarak bilinmektedir. Diğer üç kas, Vastus Medialis, Vastus Intermedius ve Vastus Lateralis kasıdır. Kuadrisepsi oluşturan kasların tamamı kuadriseps tendonu ile patellaya (diz kapağı) bağlanır. Kalça Fleksiyon ve diz ekstansiyon hareketinde aktif olur.

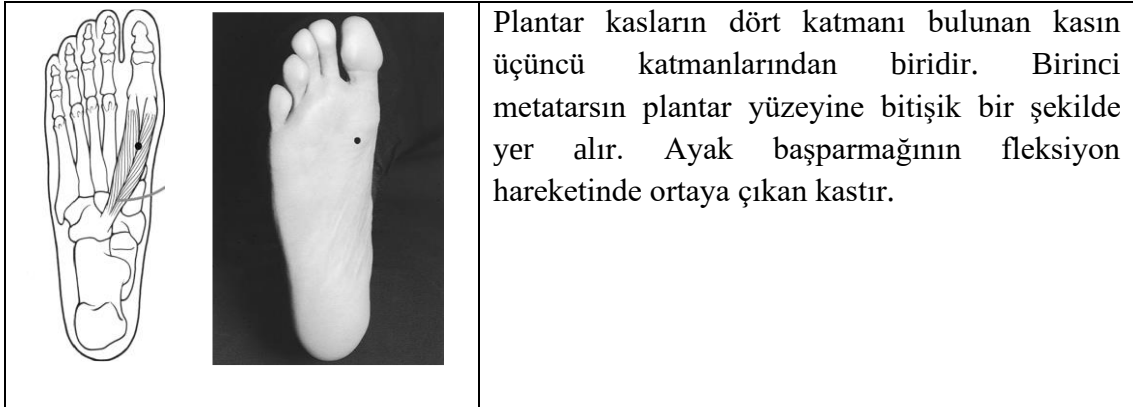
12. Adductor Magnus (Adduction) (E13)

Adductor Longus, Brevis ve Pectineus kas grupları ile senkronize hareket eden, uylukta yer alan güçlü bir kas grubudur. Uyluk adduksiyon (kapama) hareketinin yanı sıra, bu kas gruplarının tamamı, yürüme esnasında alt ekstremitede yer alırlar. Kalçanın addüksiyonu kası harekete geçirir. Bacağı yan tarafa açıp kapattığında kasılan kaslardır.

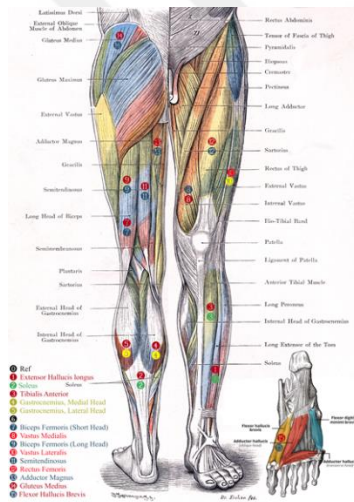
13. Gluteus Medius (E14)

Kalçanın üst kısmının yan kısmında, iliak kretin bölgesinin alt tarafında yer alır. Gluteus maximus, Gluteus medius'un antero-superior üçte biri dışındaki tüm gluteal kasları kapsayan bir kas grubu olduğundan oldukça geniş bir alana sahiptir. Ayrıca eklem bölgesinde tendon kısmına daralarak geldiğinden dolayı bu kas yelpaze şeklindedir. Kalça abdüksiyon (açma) hareketinde aktif olan kastır.

14. Flexor Hallucis Brevis (E15)



Bu tez çalışmasında kontrol ve hasta gruplarında Çizelge 3.1’de verilen kas grupları kullanılarak sEMG kayıtları alınmıştır. Belirlenen kas gruplarından standart bir kayıt almak için elektrot yerleri belirlenmiştir. Bu elektrot yerleri Şekil 3.1.’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Elektrot yerleri

sEMG kayıtlarında 14 tane elektrot kas grupları üzerinde yerleşim yerleri herkeste aynı olması için Şekil 3.1.'de verilen elektrot yerleşimi kullanılmıştır (<https://dspace2.creighton.edu/xmlui/handle/10504/17605?show=full>).

3.2. Deney Prosedürleri

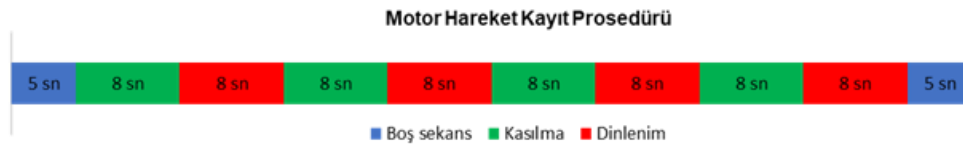
3.2.1. Motor hareket kaydı

Motor kayıtlar ayak parmağı fleksiyonu ve ekstansiyonu, dorsifleksiyon (ekstansiyon) ve plantar fleksiyon, diz ekstansiyon ve fleksiyonu kalça fleksiyonu ve ekstansiyonu, kalça abduksiyonu ve addüksiyonu olmak üzere 10 hareketten oluşur. Bu 10 hareket hem sağ hem de sol taraf için gerçekleştirilmiştir. Kayıtlar alınırken yaptırılan motor hareketler Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Motor hareketler

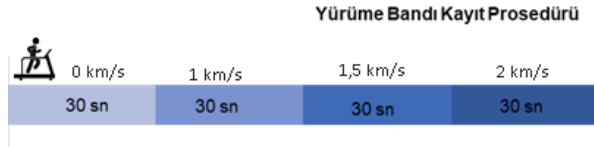
RTF	Sağ Ayak Parmağı Fleksiyonu
RFE	Sağ Ayak Bileği Ekstansiyonu
RFF	Sağ Ayak Bileği Fleksiyonu
RKE	Sağ Aiz Ekstansiyonu
RKF	Sağ Diz Fleksiyonu
RHE	Sağ Kalça Ekstansiyonu
RHF	Sağ Kalça Fleksiyonu
RHB	Sağ Kalça Abdüksiyon
RHD	Sağ Kalça Addüksiyon
LTF	Sol Ayak Parmağı Fleksiyonu
LFE	Sol Ayak Bileği Ekstansiyonu
LFF	Sol Ayak Bileği Fleksiyonu
LKE	Sol Diz Ekstansiyonu
LKF	Sol Diz Fleksiyonu
LHE	Sol Kalça Ekstansiyonu
LHF	Sol Kalça Fleksiyonu
LHB	Sol Kalça Abdüksiyon
LHD	Sol Kalça Addüksiyon

Her hareket 4 tekrardan oluşmaktadır ve Şekil 3.2.'deki gibi 8 saniye boyunca hareketi yapması ve 8 saniye dinlenmesi şeklinde planlanmıştır. Tüm motor kayıtları sağ ve sol bacak için ayrı ayrı aynı prosedür ile alınmıştır.

**Şekil 3.2.** Motor hareket kaydı süre prosedürü

3.2.2. Yürüyüş bandı kaydı

Yürüyüş için kayıt prosedürü Şekil 3.3.'de gösterildiği gibi planlanmıştır. Öncelikle kalibrasyon ayarları yapıldıktan sonra 30 saniye temel veri toplamak için hemodinamik durumu dinlenme durumuna mümkün olduğunca yakın hale getirmek için katılımcılara hareketsiz durmaları talimatı verilmiştir. 2 yürüyüş prosedürü 30 saniye dinlenme durumundan sonra başlamıştır. Yürüyüş bandı hız değişimlerine tepkiyi belirlemek için 30 saniye periyotlarda kademeli olarak artan hızla yürüme (1 km/s- 1,5 km/s- 2 km/s) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.3. Yürüyüş bandı hız değişim ve süre prosedürleri

3.2.3. Kayıtlar için tasarlanan ara yüz

Çalışmaya katılacak bireylerin deney prosedürlerini gerçekleştirebilmeleri için Matlab programında ara yüz tasarlanmıştır. Böylece kayda başladıktan sonra bireyler bilgisayar ekranından ne yapmaları gerektiğini takip edebilmektedir. Bu ara yüz içerisinde kaydın başlama ve sonlanması otomatik olarak gerçekleşmektedir. Ara yüzü başlattıktan sonra prosedürde belirlenen saniyeler de gerçekleşmek üzere; bireylerden 5 saniye hareket etmemeleri için ‘HAREKET ETMEYİNİZ’, hareketin gerçekleşeceği evrelerde yeşil renkli ekran üzerinde ‘KAS’, dinlenme evresinde kırmızı ekran üzerinde ‘BIRAK’ ekranı ve son olarak deneyin bittiğini gösteren ‘KAYIT TAMAMLANDI’ ekranı görülmektedir Şekil 3.4.’te motor hareket kayıtları için bu arayüz kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Motor hareket kaydı süre prosedürü

3.3. Katılımcılar

3.3.1. Kontrol grubu

Çalışmada 15 (10erkek, 5 kadın) sağlıklı gönüllüden oluşan kontrol grubundan sEMG, kayıtları alınmıştır. Seçilen katılımcıların hiçbirinin daha önce herhangi bir nörolojik, kardiyolojik veya bacaklarında herhangi bir hastalık öyküsü yoktur. Sağ el baskın olan kişilerden oluşmaktadır. Çalışmaya katılan kontrol grubu 23 ile 45 ($32,33 \pm 6,81$) yaş aralığındadır. Kontrol grubu yaş, kilo, boy, diz-kalça uzunluğu, diz-topuk, uzunluğu da Çizelge 3.3 'de listelenmiştir. Deneye katılan katılımcılar ayrıca deneysel süreç hakkında bilgilendirilmiştir.

Çizelge 3.3. Kontrol demografik özellikleri

	Cinsiyet	Yaş	Kilo	Diz-Kalça Uzunluğu (cm)	Topuk-Diz Uzunluğu (cm)
C1	E	43	82	51	35
C2	E	45	102	52	48
C3	E	23	88	45	36
C4	E	35	83	42	36
C5	E	32	89	45	36
C6	E	29	82	47	36
C7	E	28	95	48	39
C8	E	27	78	48	39
C9	E	38	60	39	33
C10	E	25	88	48	36
C11	K	24	49	42	33
C12	K	34	53	45	39
C13	K	32	67	42	36
C14	K	30	54	51	41
C15	K	40	62	48	45

3.3.2. Hasta grubu

Ampüte ve replant hastalarından oluşan hasta grubunun demografik özellikleri Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

H.Y. Alt ekstremité sol ayak bilek replant olgusu

2013 yılında H.Y. motor kazası sonucu sol ayak bileği replantasyonu gerçekleştirmiştir. Replantasyon sırasında hastanın sağ üst bacak bölgesinden kas parçası alınıp sol tarafa dikilmiştir. Hastadan yürüme kaydı sorunsuz şekilde alınmıştır. Şekil 3.1.'de verilen tüm 14 elektrotta hastanın bacağına yerleştirilmiştir. Çizelge 3.2.'de verilen tüm motor hareketler gerçekleştirilmiştir.

**Şekil 3.5.** H.Y. replant hastası

M.Y.İ. Alt ekstremitte sağ ayak bilek replant olgusu

2018 yılında M.Y.İ. otopark kapanının ayağına kapanması sonucu sağ ayak bileği replantasyonu gerçekleştirilmiştir. Hastadan yürüme kaydı sorunsuz şekilde alınmıştır. Şekil 3.1.'de verilen tüm 14 elektrotta hastanın bacağına yerleştirilmiştir. Çizelge 3.2.'de verilen tüm motor hareketler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. M.Y.İ. replant hastası

S.Y. Alt ekstremitte sol diz altı amputasyon olgusu

2018 yılında S.Y. elektrik yanması sonrası sol diz altı amputasyonu gerçekleştirilmiştir. Hastadan alınan kayıta protez takılı olan sol bacakta ödem ve ağrı olduğu için yürüme kaydı alınmamıştır.



Şekil 3.7. S.Y. sol diz altı amputasyon hastası

Ş.N.G. Alt ekstremitte sol diz altı amputasyon olgusu

2020 yılında Ş.N.G. araç dışı trafik kazası (ADTK) sol diz amputasyonu gerçekleştirmiş ve daha sonrasında nekrotik güdük onarımı gerçekleştirmiştir. 2021 yılında yaralar iyileştikten sonra mart ayında protez takılmıştır. Hastadan yürüme kaydı sorunsuz şekilde alınmıştır. Hastandan LTE, LTF, LFE, LFF motor hareket kaydı alınamamıştır. 1,2,3,4,5 ve 15. Elektrotlar ampute olan sol tarafa bağlanamamıştır.



Şekil 3.8. Ş.N.G. sol diz altı amputasyon hastası

M.F.Ş. Alt ekstremitte sol diz altı amputasyon olgusu

2022 yılında M.F.Ş. tarım makinasına bacağını kaptırması sonucunda tramvaya bağlı sol diz altı amputasyon gerçekleştirmiştir. Kayıta hastadan, koltuk değneklerinden destek alarak yürümesinden dolayı (protez takılmadığı için) yürüme kaydı alınmamıştır. Hastandan LTE, LTF, LFE, LFF motor hareket kaydı alınamamıştır. 1,2,3,4,5 ve 15. elektrotlar ampute olan sol tarafa bağlanamamıştır.



Şekil 3.9. M.F.Ş. sol diz altı amputasyon hastası

S.K. Alt ekstremite sağ ayak amputasyon olgusu

2022 yılında ayağına kütük düşmesi sonucu doku ölümü sonrası sağ ayak amputasyonu gerçekleşmiştir. Sağ baldır kısmından doku alınıp ampute olan ayağın alt tabanına dikilmiştir. Sol bacağın baldır kısmından doku alınıp ayak altına dikildiği için ayak altına bağlanan 15. elektrot hasarlı dokuya bağlandığından normal bir kas aktivasyonu beklenmemektedir. 13. kanala denk gelen bölgeden doku alındığı için hasarlı doku vardır. Elektrot bağlanmıştır fakat sonuçlar düzgün beklenmemektedir. Şekil 3.1.'de verilen tüm 14 elektrotta hastanın bacağına yerleştirilmiştir. Ayrıca hasta koltuk değneklerinden destek alarak yürüdüğünden yürüyüş bandında yürüyüş kaydı alınmamıştır.



Şekil 3.10. S.K. sağ ayak parmak amputasyon hastası

M.S. Alt ekstremite sol ayak parmak amputasyon olgusu

M.S. 1995 yılında haziran ayında trafik kazası geçirdiğinden sağ üst bacağında yaralı dokular mevcuttur. Daha sonra skuamöz hücreli karsinom (SCC) sonucu sol ayak 1-2-3 transmetatarsal amputasyon 2021 yılında gerçekleşmiştir. Nüks sonrası sol ayak 4-5 parmakları içeren transmetatarsal amputasyon 2022 yılında gerçekleşmiştir. Ayrıca hastanın sağ ayağında doğuştan dört parmak bulunmaktadır. Şekil 3.1.'de verilen tüm 14 elektrotta hastanın bacağına yerleştirilmiştir. Hastadan yürüme kaydı da alınmıştır.



Şekil 3.11. M.S. sol ayak parmak amputasyon hastası

Çizelge 3.4. Hasta grubu demografik özellikleri

Adı Soyadı	Cinsiyet	Doğum Tarihi	Kilo (kg)	Boy (cm)	Ampütasyon/ Replant	Ampütasyon/ Replant Tarihi
M.F.Ş.	E	07.02.1980	65	175	Ampute	21.07.22
S.Y.	E	03.05.1974	86	170	Ampute	06.2018
S. K.	E	10.05.2007	58	158	Ampute	22.04.22
H.Y.	E	27.04.1995	89	187	Replant	01.2013
M.Y.İ.	E	08.06.2012	59	155	Replant	24.06.2018
M.S.	K	04.04.1965	87	150	Ampute	19.08.21/25.03.22
Ş.N.G.	K	28.07.1994	103	167	Ampute	08.07.20

3.4. EMG Kayıtlarının Alınması

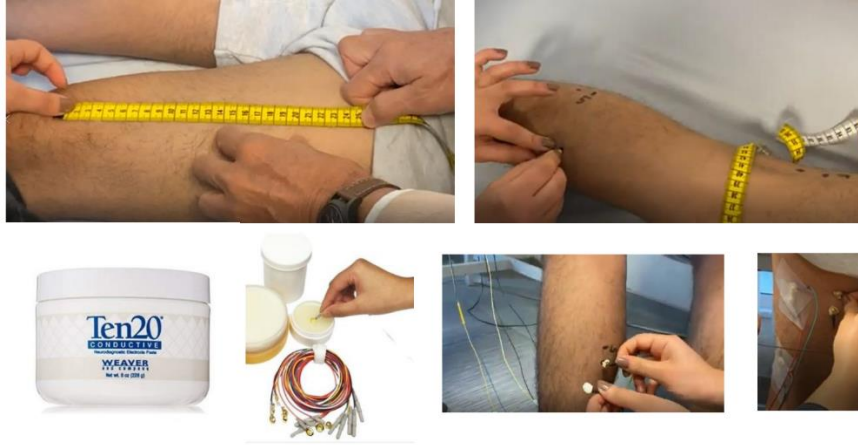
Akdeniz Üniversitesi Nörobilim Laboratuvarı'nda çok kanallı sEMG kayıtları alınmıştır. sEMG kayıtları için biyopotansiyel yükseltici ve ADInstrument'lar PowerLab 35/8 - 35/16 veri toplama sistemleri ile 9 mm bipolar elektroensefalografi (EEG) elektrotlarıyla kaydedilmiştir. Bağımsız yükseltici sistemi 16 kanal ile donatılmıştır.

Modüller bipolar girişlerle tasarlanmıştır. Yalnızca referans alınan kayıtları değil, aynı zamanda gerçek bipolar kayıtları ve analizleri de gerçekleştirmeye olanak tanımaktadır. Cihaza 14 kanal elektrot takılıp deneme kayıtları yapılmıştır. Ayrıca bir tane referans elektrot bireylere bağlanmaktadır. Şekil 3.12’de biyopotansiyel yükseltici ve ADInstrument’lar PowerLab cihazları ve ile 9 mm elektrodlar gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Elektrotlar ve sEMG kayıt cihazları

Hasta gruplarında ve kontrol grubunda motor hareketlerde temel kas grupları Çizelge 3.1’de ve sMEG kayıtları esnasında yapılacak hareketler Çizelge 3.2’de belirlenmiştir. Belirlenen motor hareketlerde temel kas grupları için her bir bireyde aynı prosedür gerçekleştirebilmek için Şekil 3.1’de bacak figürü üzerinde elektrot yerleri belirtilmiştir. Kayıt ile senkron bireylere ne yapmaları gerektiğini belirten Şekil 3.4’ de verilen bir ara yüz oluşturulmuştur. Çalışma için kayıt prosedürü oluşturulmuştur. Kontrol kayıtlarına başlamadan önce sEMG için pilot kayıtlar alınmıştır. İlk alınan pilot kayıta öncelikle kas yerleri belirlenmiştir. Kas yerleri belirlenirken diz-kalça, topuk-diz uzunlukları ölçülmüştür. Kas grupları belirlendikten sonra o bölgeler işaretlenmiştir. Kas bölgelerinin 2-3 cm alt kısmına referans elektrotlar yerleştirilmiştir. İşaretlenen kas yerlerine elektrotlar ilk olarak Ten20 elektrot pastası ile bacak bölgesine flaster bant ile sabitlenmiştir. Bireylerden hareketleri yapması istenmiştir. Alınan pilot kayıt aşamaları Şekil 3.13.’de verilmiştir.



Şekil 3.13. Diz- kalça, diz topuk uzunluk ölçümleri, elektrot yerleşimi ve kayıt esnasında kullanılan malzemeler

Sağlıklı kontrol grubunda, yürüyüş bandında ortalama hızda yürüme sırasında ve ayak parmak ekstansiyon-fleksiyonu, ayak ekstansiyonu-fleksiyonu, diz ekstansiyon-fleksiyonu, kalça ekstansiyon-fleksiyonu, kalça abdüksiyon- addüksiyon hareketlerinin gerçekleştirilmesi sırasında sEMG kayıtları alınmıştır. Yürüme bandı hız değişimlerine tepkiyi belirlemek için yürüme bandında hız değişimli yürüyüş sırasında da sEMG kayıtları alınmıştır. Kayıtlar alınırken oluşturulan deney prosedürlerine uyulmuştur. sEMG kayıtlarının alınması Şekil 3.14.' de verilmiştir.

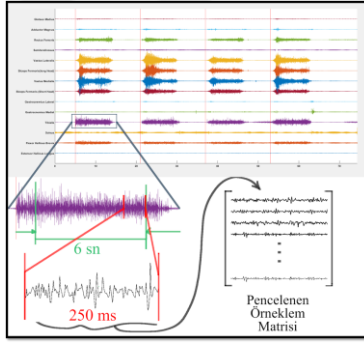


Şekil 3.14. EMG kayıtlarının alınması

3.5. Verilerin Analizi

Alınan kayıtlarda yapılan hareketler arası sinyallerde oluşan (matematiksel) ayrışımı bulabilmek adına sınıflandırıcılar kullanılmıştır. Sınıflandırıcıların örneklem sayılarının fazla olması başarı oranlarını arttırmaktadır. Bu nedenle zamansal çözünürlüğü yüksek sEMG verilerinde daha da arttırmak adına hareketin yapıldığı aralıklardaki sinyallerden pencereleme kullanılarak örneklemeler alınmıştır. Hareketin yapılmaya başlamasından 1000ms sonrası ve bitiminden 1000ms öncesinde yer alan sinyaller kırılarak harekete ve kanallara ait örneklem matrisleri oluşturulmuştur. Örneğin toplam pencerelenen örneklem sayısı 4 tekrar sayısı ile beraber bir hareket

grubu için 96 adet sinyalden oluşmaktadır. Bu durum 15 kontrol kişi ile hareket başına 1440 örneklem sinyaline ulaşmaktadır. EMG verilerinde kas gruplar aynı olduğu için sağ ve sol bacaklardan alınan veriler tek örneklem havuzdan toplanmıştır. EMG verilerinde hareket karşılık 10 sınıf olacak şekilde sınıf belirlenmiştir. Daha sonra örneklem matrisindeki ham sinyaller Şekil 3.1.'de verilen kas gruplarından özellik çıkarım metotları kullanılarak işlenmiştir. Bu işlem sonrasında her kanala ve hareket bağlı uygulanan özelliğe ait (örneğin; sEMG tek hareket için 1440x14 boyunda özellik matrisi) özellik matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra oluşturulan özellikler, sınıflandırıcı tipleri ile sınıflandırılmış ve başarı oranları incelenmiştir. Buradaki temel hedef verinin hareketler arası ayrıştırılabilirliği hakkında bilgi sahibi olmak ve farklı seviyelerdeki amputasyonları (her biri farklı rezidü kas grubunu barındırmaktadır) buna benzer metotlar kullanımı ile kendi içerisinde değerlendirerek kas dinamiklerinin değişimini analiz etmektir. Dolayısıyla, kas aktivasyon haritaları başarı oranı yüksek özellik tipleri oluşturulmuştur. Daha sonra kasların elektriksel aktivitesinin zaman-frekans ilişkisini daha iyi yorumlayabilmek için STFT (Short Time Fourier Transform) yöntemi kullanılarak spektrum grafikleri oluşturulmuştur.



Şekil 3.15. sEMG sinyali

3.5.1. Ön işleme

EMG sinyallerden arındırmak için özellik çıkarma işleminden önce filtreleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. EMG sinyallerini gürültülerden arındırmak için yüksek geçiş filtre (10-20 Hz genellikle kalp atışı ve solunum seslerini ortadan kaldırmak için) kullanıldı (Zecca vd. 2002b)(Özgünen vd., 2010). Yüksek geçiren filtre (HPF), belirli bir kesme frekansından daha yüksek frekansa sahip sinyalleri geçiren ve kesme frekansından daha düşük frekanslara sahip sinyalleri zayıflatan elektronik bir filtredir.

Ampute ve replant hastalarından alınan verilere filtreleme uygulandıktan sonra özellik çıkarımı işlemi yapılmıştır. Burada literatürde yaygın olarak kullanılan MAV (Ortalama Mutlak Değer) değerinin ayrıştırıcılığının yüksek olmasından dolayı bu değer ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Aktif kanal tespiti için dinlenme durumunda kaydedilen EMG sinyallerinin RMS (Kare-kök ortalama) değerleri sıklıkla kullanılmaktadır (Abbaspour vd. 2020).

3.5.2. Özellik Çıkarımı

EMG sinyalinin çıkarılan bir özellik, sinyali niteliksel olarak tanımlayabilmektedir. EMG sinyali, zamanın bir fonksiyonu olarak değişebilir ve sayısal biçimde ölçülebilir (Toledo-Pérez vd. 2019). Özellik çıkarımı, ham bir sinyalden özellik vektörleri adı verilen azaltılmış bir özellik kümesini temsil etme yöntemine denilmektedir. Sinyallere uygun şekilde seçilen özellik vektörleri, istenen eylemleri temsil etmek için kullanılabilecek ham EMG sinyalini temsil eden bilgileri içermektedir (Phinyomark vd. 2014).

Ortalama mutlak değer: Mutlak değer ortalamasıdır (Zecca vd. 2002a).

$$MAV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i| \quad (3.5.2.1)$$

Standart sapma: Her bir EMG örneği ile ortalama değeri arasındaki farkı temsil eder (Daud vd. 2013).

$$STD = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.5.2.2)$$

Varyans: EMG sinyalinin gücünü temsil eder. Ayrıca başlangıç ve kasılmayı belirlemeye yardımcı olur (Tenore vd. 2009).

$$Var = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N x_i^2 \quad (3.5.2.3)$$

Dalga formu uzunluğu: Sinyalin dalga biçimi uzunluğu, örnek pencerenin sayısal türevini toplayarak bir penceredeki sinyalin karmaşıklığı hakkında bilgi verir (Hudgins vd. 1993).

$$WL = \sum_{i=1}^N (|x_i - x_{i-1}|) \quad (3.5.2.4)$$

Sıfır geçiş: Sinyalin genlik işaretinin kaç kez değiştiğini sayar (Kermani vd. 1995).

$$ZC = \sum_{i=1}^N \text{sgn}(-x_i x_{i-1}) \quad g_n(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x > 0 \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (3.5.2.5)$$

Tepe sayısı: RMS değerinden daha yüksek olan değerlerin sayısıdır (Kim vd. 2011).

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |x_i|^2}{N}} \quad (3.5.2.6)$$

Tepe değerlerin ortalaması: Pik değerlerin ortalaması, tepe değerlerinin ortalamasıdır (Ortiz-Catalan vd. 2012).

Ortalama ateşlenme hızı: Ortalama ateşlenme hızı, tepe değerlerinin farkı veya hızıdır (Ortiz-Catalan vd. 2012).

Eğim işareti değişimi: EMG sinyalinin frekans özelliklerini temsil eder. Ayrıca bir zaman penceresindeki işaretin değiştiği EMG sinyalinin eğiminin sayısını sayar (Phinyomark vd. 2012).

$$SCC = \sum_{i=2}^{N-1} f[(x_i - x_{i-1})x(x_i - x_{i+1})] \quad f(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x > \text{eşik değeri} \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (3.5.2.9)$$

Mutlak fark ortalama değeri: Mutlak farklarının alınıp ortalama değerinin alınmasıdır (Yu vd. 2012).

$$DAMV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} |x_{i+1} - x_i| \quad (3.5.2.10)$$

Maksimum fraktal uzunluk: EMG'nin fraktal boyutu, kas aktivitesinin gücünü ölçer ve aktif kas hakkında bilgi sunar (Arjunan ve Kumar 2010).

$$FDim(k) = \left\{ \left(\sum_{i=1}^{\left\lceil \frac{N}{k} \right\rceil} |X(ik) - X((i-1)*k)| \right) \frac{N-1}{N} \right\} / k \quad (3.5.2.11)$$

Skewness (çarpıklık): Ortalama değer etrafında istatistiksel bir dağılımdaki asimetriyi tanımlar (Zoubek vd. 2007).

$$Skew = \frac{M_3}{M_2} \sqrt{M_2} \quad M_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^k \quad (3.5.2.12)$$

Entegre mutlak değer: Mutlak değerin integrali, N örneğinin bir zaman penceresindeki EMG sinyalinin mutlak değerlerinin toplamıdır (Micera vd. 2010).

$$IAV = \sum_{i=1}^N |x_i| \quad (3.5.2.13)$$

Hjorth mobilite parametresi: Hjorth tarafından üç parametre tanımlandı: aktivite, hareketlilik ve karmaşıklık. Aktivite parametresi, sinyalin varyansıdır (Vidaurre vd. 2009).

$$HMob = \sqrt{\frac{\left(\frac{dx(t)}{dt}\right)}{Var(x(t))}} \quad (3.5.2.14)$$

Hjorth karmaşıklık parametresi: Karmaşıklık, bir sinyalin şeklinin benzerliğini saf sinüs dalgasıyla karşılaştıran Hjorth parametrelerinin üçüncü özelliğidir (Oh vd. 2014).

$$HCob = \frac{Mob(dx(t)/dt)}{Mob(x(t))} \quad (3.5.2.15)$$

Mutlak fark standart sapma değeri: Bitişik örnekler arasındaki farkın standart sapma değeridir (Kim vd. 2011).

$$DASDV = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (x_{i+1} - x_i)^2} \quad (3.5.2.16)$$

Willison genliği: Bir zaman penceresindeki WAM, iki bitişik örneğin arasındaki farkın mutlak değerinin önceden tanımlanmış bir eşiği kaç kez aştığını sayar (Tenore vd. 2009).

$$WAM = \sum_{i=1}^N f(|x_i - x_{i+1}|)$$

$$f(x) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } x > \text{eşik değeri} \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (3.5.2.17)$$

Basıklık: Normal dağılıma kıyasla istatistiksel bir dağılımın şeklini tanımlar (Zoubek vd. 2007).

$$Kurt = \frac{M_4}{M_2 M_3} \quad (3.5.2.18)$$

Yüzdelik: Sinyal dağılımının yüzde 75'i şu şekilde verilir (Zoubek vd. 2007).

$$card \{x_i / x_i < Perc75\} = \frac{75N}{100} \quad (3.5.2.19)$$

3.5.3. Sınıflandırıcılar

Ön işleme ve özellik çıkarım işlemlerinden sonra, sınıflandırıcılar veya istatistiksel çözümler ile nihai değerlendirme yapılabilir. Sınıflandırma, gruplar veya kategoriler halinde sistematik düzenlemedir.

sEMG sinyallerini eşlemek ve eşleştirmek için önemli olan özellikler başarıyla çıkarıldıktan sonra uygun bir sınıflandırıcı yöntemi uygulanır (Azlan Abu vd. 2020). sEMG sinyalini sınıflandırmak için çok sayıda yöntem kullanılabilir. Literatürde en yaygın olarak kullanılan sınıflandırma yöntemlerine örnek olarak, Yapay sinir ağları (ANN), Derin sinir ağı (DNN), Destek vektör makineleri (SVM) Bayes sınıflandırıcı (BC), Karar ağaçları (DT) K-en yakın komşuluk (KNN) kullanılmaktadır (Sultana vd. 2023).

Karar Ağaçları

Karar ağaçları sınıflandırma yöntemi farklı birçok alanda yaygın şekilde kullanılan yöntemlerdendir. Bu alanlar, veri madenciliğinde, makine öğrenme, görüntü işleme ve örüntü tanıma alanlarıdır (Stein vd. 2005). Karar ağaçları, testlerdeki sayısal niteliklerinin bir eşik değeriyle kıyaslama yapıldığı, bir dizi temel testi verimli ve istikrarlı olarak birleştiren bir model olarak bilinmektedir. Bu yöntem, veri sınıflandırma yöntemleri arasından, sınıflandırma gösterimi için en iyi yöntem olarak kabul edilmiştir (Damanik vd. 2019). Çoğunlukla gruplandırma işlemi için karar ağaçları yöntemi kullanılmaktadır (Gavankar ve Sawarkar 2017).

Destek vektör makineleri

Makine öğrenme yöntemlerinden biri olan destek vektör makineleri (SVM), eğitim verilerindeki herhangi bir noktadan en uzak olan iki sınıf arasında bir karar sınırı bulan vektör uzayı tabanlı olarak tanımlanabilir (Schölkopf ve Smola 2018).

K-en yakın komşuluk

KNN (k-en yakın komşu), etkili bir sınıflandırma modeli olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. K-en yakın komşuluk sınıflandırma yöntemi hem sınıflandırma hem de regresyon tekniklerinde kullanılan non-parametrik denetimli öğrenme algoritması olarak bilinir (Jiang vd. 2023).

Diskriminant analiz

Fisher'ın doğrusal ayırt edici özelliği, yüksek boyutlu verileri bir satıra yansıtan ve bu tek boyutlu alanda sınıflandırma yapan bir sınıflandırma yöntemidir. Projeksiyon, iki sınıfın araçları arasındaki mesafeyi en üst düzeye çıkarırken, her bir sınıftaki varyansı en aza indirir. Bu, tüm doğrusal projeksiyonlarda maksimize edilmiş Fisher kriterini tanımlar (Phinyomark vd. 2012).

Topluluk sınıflandırması

Topluluk yöntemleri, bir sınıflandırıcılar kümesi oluşturan ve ardından tahminlerden ağırlıklı oyu alarak yeni veri noktalarını sınıflandıran öğrenme algoritmalarıdır (Rahman ve Tasnim 2014).

Naive Bayes sınıflandırıcı

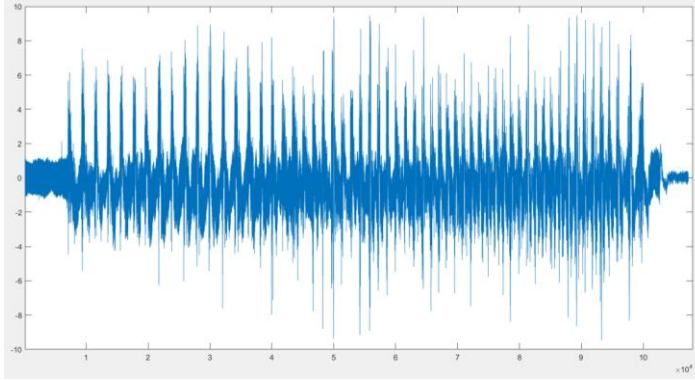
Sıklıkla kullanılan sınıflandırıcılardan Naive Bayes sınıflandırıcı, örüntü tanıma problemine ilk bakışta oldukça kısıtlayıcı görülen bir önerme ile kullanılabilen olasılıksal bir yaklaşımdır. Bu önerme, örüntü tanımda kullanılacak her bir tanımlayıcı öznitelik ya da parametrenin istatistik açıdan bağımsız olması gerekliliğidir. Naive Bayes sınıflandırıcı, her özniteliklerin birbirinden koşulsal bağımsız olduğu ve öğrenilmek istenen kavramın tüm bu özniteliklere koşulsal bağlı olduğu bir Bayes ağı olarak düşünülebilir (Lakoumentas vd. 2012).

3.5.4. Yürüme analizi

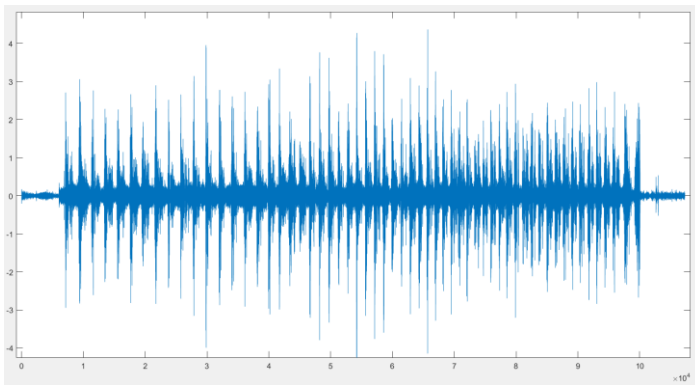
Analiz yapılmadan önce ham verilere ön işlem basamakları uygulanmıştır. EMG yürüyüş analizi ilk 30sn için yapılmıştır. Yürüyüş bandında alınan EMG verisinde adım sırasında oluşan salınımların yer aldığı sinyal aralığı tespit edilmelidir. Adım bölgelerinin saptanmasında tarafından tasarlanan algoritma yardımı ile tespit algoritması oluşturuldu (Scholkmann vd. 2010). Bu algoritmada tespitinin yapılabilmesi için öncelikle 55-95Hz bant geçiren filtre uygulanarak adım tespitinde kullanılacak filtrelenmiş sinyal oluşturuldu. Daha sonra bu filtrelenmiş sinyale 100 nokta genişliğinde kayan standart sapma penceresi uygulanarak bir standart sapma sinyali elde edildi.

$$std(t) = \frac{1}{2k+1} \left[\sum_{j=-k}^k x^2(t+j) - \frac{1}{2k+1} \left(\sum_{j=-k}^k x(t+j) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.5.5.1)$$

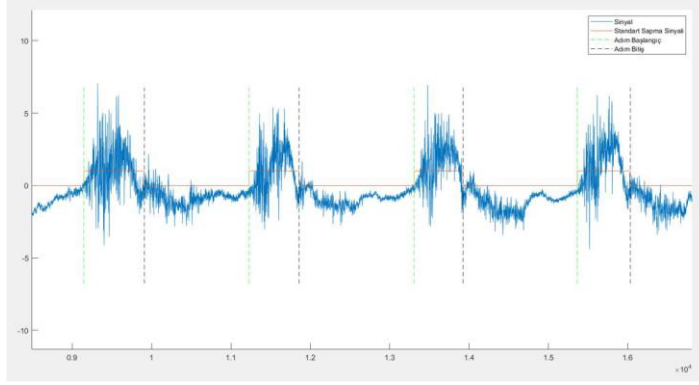
Adımların daha kolay tespiti için standart sapma sinyaline bir T eşik değeri kullanılarak (T değeri şebeke gürültüsünden arındırılmış EMG sinyalinin RMS değeri olarak seçilmiştir.) bu değerden küçük değerler sıfır olacak şekilde bir düzenleme yapıldı. Bu sayede standart sapma sinyalinin sadece adım atılan bölgelerde değer alması sağlanmış oldu. Her bir adımın başlangıç ve bitiş noktası ise 0 ve 1 geçişleri olarak tespit edildi. Her bir adımın başlangıç anından 1 saniye öncesi ve 1 saniye sonrası olacak şekilde 2 saniyelik aralıklarla asıl sinyal kırpıldı. Gerçek sinyalde gözlemlenen 50Hz şebeke gürültüsü ve harmonikleri ise 45-55Hz, 95-105Hz, 145-155Hz, 195-205Hz, 245-255Hz, 295-305Hz ve 345-355Hz bant durduran filtreler yardımı ile temizlendi.



Şekil 3.16. Ham yürüme sinyali



Şekil 3.17. Adım Tespiti İçin Kullanılan 45-95Hz Bant Geçiren Filtre Uygulanmış Sinyal



Şekil 3.18. Ham EMG sinyali ve Adım Bölgeleri

Analiz sırasında kontrol grubundan 30'ar saniyelik periyotlarda 1.0km/sa, 1.5km/sa ve 2.0km/sa hızlarda yürüyüş sırasında alınan 10 EMG verisi ön işlemden geçirilerek kırılmış sinyal grubu elde edildi. Pencereleme ayrılmış sinyale kısa zamanlı fourier dönüşümü (stft) uygulanarak elde edilen değerler ile her bir kanal için adım başlama anından 1 saniye öncesi ve sonrasını içeren 2 saniyelik pencere içerisinde blok ortalamaları hesaplandı.

3.5.5. İstatistiksel analizler

İstatistiksel modelleme, örnek veriler oluşturmak ve gerçek dünya hakkında tahminler yapmak için üreteç fonksiyonları ve karakteristik fonksiyonları yardımıyla inşa edilen matematiksel modellerin ve istatistiksel varsayımların kullanılmasıdır. Çünkü istatistiksel bir model, bir deneyin olası tüm sonuçlarının bir kümesi üzerindeki olasılık dağılımlarının bir koleksiyonudur (Miller 2018). Bunun yanı sıra, her olasılık dağılım fonksiyonunun da bir üreteç fonksiyonu olduğundan dolayı, mühendislik ve uygulamalı bilimlerde üreteç fonksiyon algoritma analizi, biyo-bilişim, epidemiyoloji, grafik teorisi, ve istatistik değerlendirmelerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır (Chattamvelli ve Shanmugam 2019). Buna ek olarak üreten fonksiyonlar ve karakteristik fonksiyonlar kullanılarak Bézier eğrisi, eğri kümeleme ile çok değişkenli istatistiksel kümeleme yöntemleri arasındaki bağlantıyı elde etmek için eğri kümeleme algoritmasının yapısı oluşturulur (Shi ve Zhang 2020).

Bir nesnenin 2D enine kesitlerinden 3D yeniden oluşturulması, tıp fiziği ve elektronik mühendisliğinin ve biyomedikal uygulamalar gibi farklı bilim alanlarında birçok uygulamaya sahiptir. Tıbbi uygulamalarda ve deformasyonlu uzuvlarda Bezier eğrilerini ve üreteç fonksiyonlarının uygulamaları bulunmaktadır (Simsek ve Yardımcı 2016; Simsek ve Yardımcı 2019).

Bu tez çalışmasında Kontrol grubu, ampute hasta grubu ve replant grubunun EMG ölçümlerinde kas aktivasyonları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak analizleri de verilmiştir. Burada kontrol grubu ve ampute hasta grubunun (ampute hasta sayısı 10'dan az olduğu için) kas aktivasyonları arasındaki farklılıkları tespit etmek için non-parametrik testlerden Mann-Whitney U Test kullanılmıştır. Mann-Whitney U testi Sayısal ölçekli gözlemlerde iki örneklemin aynı dağılıma sahip olup olmadığını anlamak için uygulanan parametrik olmayan bir istatistiksel testtir. 1947 yılında Mann

ve Whitney tarafından, Mann-Whitney U testi değişik büyüklükteki iki örneklemlerin analizlerinde uygulanabilmesi için geliştirilmiş bir testtir. (Mann ve Whitney, 1947)

Ayrıca tez çalışmasına dahil olan tüm grupların demografik özellikleri için tanımlayıcı istatistikler (ortalama, standart sapma, yüzde) verilmiştir.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Kontrol Grubu Analiz Sonuçları

Kontrol grubu sınıflandırma sonuçları

Çizelge 4.1. EMG verilerinden çıkarılan özelliklerin başarı oranı çizelgesi

EMG verilerinden çıkarılan özelliklerin başarı oranı çizelgesi																			
	KA(kaba)	KA(hassas)	KA(orta)	DA (Lineer)	DA(karesel)	TS(BaggedTree)	TS(Güçlendirilmiş ağaçlar)	TS(RUSBT)	TS(Altı uzay diskriminant)	TS(Altı Uzay KNN)	KNN (kaba)	KNN(kosinüs)	KNN(Hassas)	KNN(orta)	KNN (ağırlıklı)	NBG	NBK	SVM(Lineer)	SVM(Orta Gauss)
Ö1	23,5	40,8	31,4	30,1	29,5	79,1	34,2	31,2	29,9	73,0	50,0	62,9	68,9	65,0	69,0	23,1	35,3	35,8	51,5
Ö2	26,5	49,7	37,1	32,5	34,7	88,9	40,9	37,0	32,2	85,7	62,2	76,7	81,2	77,3	80,3	25,6	45,0	42,4	63,5
Ö3	26,5	50,7	36,9	24,1	21,7	88,9	41,4	37,1	24,0	75,1	48,0	61,6	64,9	60,9	64,5	19,4	38,2	35,9	38,5
Ö4	29,2	64,2	44,0	47,5	73,7	98,9	55,9	43,9	44,4	99,2	86,7	97,2	98,4	96,7	97,5	45,4	68,5	71,7	95,4
Ö5	24,1	37,5	30,8	34,7	45,1	59,5	31,4	31,2	33,7	58,7	56,7	59,8	57,1	61,9	63,0	33,1	34,4	36,4	60,6
Ö6	15,2	20,2	18,0	12,9	24,4	29,5	18,2	18,1	12,7	28,7	20,2	22,5	24,2	22,9	26,0	21,9	24,3	12,6	28,5
Ö7	23,8	37,8	30,1	29,0	28,9	71,5	30,8	29,7	28,7	73,8	46,6	60,4	66,3	60,1	64,8	24,3	36,4	33,6	48,5
Ö8	14,0	18,3	16,1	14,3	15,6	22,5	16,1	16,1	14,3	19,0	20,1	19,3	16,5	18,8	18,4	15,5	19,9	11,8	17,5
Ö9	26,3	49,3	39,4	42,5	64,0	85,6	42,4	38,1	40,8	89,3	80,8	88,1	89,4	90,2	91,3	42,8	51,3	47,9	85,2
Ö10	29,4	62,6	43,8	47,5	73,8	98,8	54,5	43,7	44,6	99,1	86,6	97,2	98,3	96,7	97,5	45,4	68,6	71,7	95,4
Ö11	29,5	65,3	43,9	55,5	85,2	98,9	53,6	44,1	52,4	99,5	93,4	98,1	99,0	98,1	98,6	52,7	71,9	69,8	98,3
Ö12	14,9	16,8	16,9	14,8	18,8	21,2	16,6	16,5	14,8	19,7	19,0	18,0	16,7	18,4	19,5	17,8	23,0	15,0	22,9
Ö13	23,7	40,5	31,2	30,5	29,7	78,8	33,6	31,6	29,9	73,3	50,0	62,9	68,8	64,9	68,9	23,0	35,6	35,8	51,5
Ö14	25,5	42,2	33,4	40,2	59,9	82,6	35,8	33,9	39,2	87,1	75,5	83,7	84,8	85,5	86,9	37,9	46,3	44,6	81,2
Ö15	26,2	47,8	37,3	25,8	22,3	82,0	40,1	37,5	25,4	70,4	50,1	58,1	59,5	59,8	62,5	19,9	43,2	39,5	49,8
Ö16	29,7	65,5	44,3	47,4	72,6	98,9	54,0	44,0	44,6	99,1	86,1	97,1	98,1	96,4	97,4	44,9	68,2	70,8	94,6
Ö17	16,4	22,1	20,4	25,9	25,4	23,6	21,3	20,8	25,3	12,1	25,8	23,5	18,9	22,7	22,7	24,1	14,7	26,2	28,5
Ö18	18,5	25,3	22,1	22,8	23,9	36,4	22,5	22,4	22,3	33,5	33,6	33,3	29,5	33,9	34,9	21,1	30,0	24,7	37,2
Ö19	19,0	26,8	21,6	19,7	24,1	50,0	23,7	22,3	19,5	54,5	33,4	45,8	50,6	44,0	48,5	22,0	29,9	19,9	35,7
Ö20	26,6	54,7	40,8	41,0	46,7	92,0	47,0	40,7	39,5	91,1	69,0	84,9	88,8	85,6	87,9	31,9	47,3	50,9	76,3
Ö21	24,7	41,9	34,2	36,9	47,9	68,6	35,3	34,2	35,7	68,0	62,5	68,0	66,7	69,8	71,1	34,0	39,6	39,8	68,3
Ö22	24,9	38,0	32,9	33,4	39,4	64,3	33,5	32,8	32,8	60,1	50,4	54,9	55,2	56,6	58,1	31,9	35,0	36,9	57,1
Ö23	22,5	37,2	30,3	29,0	30,7	60,6	31,7	30,6	28,6	45,8	43,0	49,5	48,9	49,8	52,1	26,4	13,9	32,0	50,3

Sağlıklı gruptaki 15 kişiden alınan, 10 harekete (ayak parmak ekstansiyon, ayak parmak fleksiyon, ayak bileği dorsiektansiyon, ayak bileği plantar fleksiyon, diz ekstansiyon, diz fleksiyon, kalça ekstansiyon, kalça fleksiyon, kalça abdüksiyon, kalça addüksiyon) karşılık elde edilen özellik vektörleri daha sonra, k-en yakın komşu (KNN), karar ağacı, Naive Bayes sınıflandırıcı, topluluk sınıflandırması, diskriminant analiz, destek vektör makineleri sınıflandırıcıları ile sınıflandırılmıştır.

Karar ağaçları sınıflandırıcı yöntemlerinin alt tipleri, diskriminant analiz sınıflandırıcı yöntemlerinin alt tipleri, Naive Bayes Gaussian ve Naive Bayes Kernel sınıflandırıcının projede kullanılan kas gruplarından elde edilen veriler için başarılı

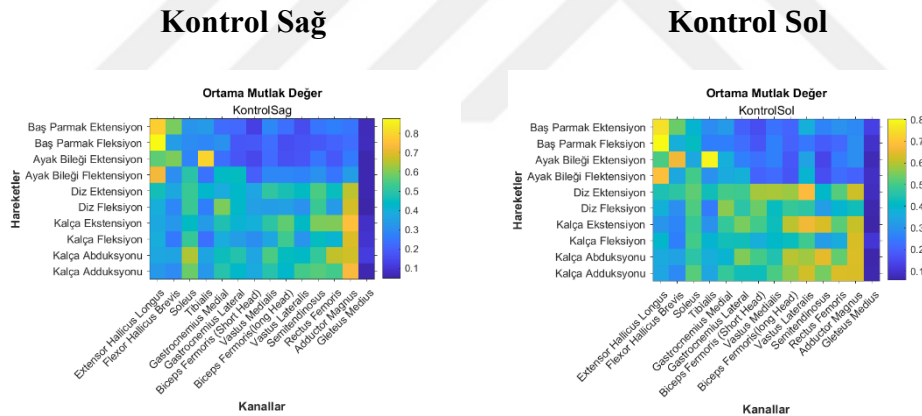
sonuç vermediği tabloda görülmektedir.

EMG verilerinde çıkarılan özelliklerden dalga formu uzunluğu, mutlak fark ortalama değeri, ortalama mutlak değer ve mutlak fark standart sapma değeri, topluluk sınıflandırması (BaggedTree), Topluluk Sınıflandırması (Alt Uzay KNN), K-en Yakın Komşuluk (kosinüs), K-en Yakın Komşuluk (Hassas), K-en Yakın Komşuluk (orta), K-en Yakın Komşuluk (ağırlıklı), Destek Vektör Makineleri (Orta Gauss) sınıflandırıcılarında başarılı sonuç vermiştir.

Yapılan projedeki kontrol grubuna ait EMG verilerinin sınıflandırılmasında en başarılı sonucu K-en Yakın Komşuluk sınıflandırma yönteminin alt tipleri vermiştir.

Sınıflandırıcılardan elde edilecek yüksek başarı oranları, sinyallerden çıkartılan özelliklerin hareketler arası ayırıştırıcı nitelikte bilgiler barındırdığı gösteriyor olabilir. Bu sebeple, örneklem sayısının daha da artması için EMG veri tiplerinde sağ ve sol bacaklardan alınan veriler, aynı kas gruplarından alınan kayıtlar olduğu için sınıflandırıcılar ile kullanımı aşamasında aynı gruba ait örneklemlemiş gibi kabul edilmiştir. Bu durum sınıflandırılacak grup sayısını da (n=15) yarıya indirdiği için EMG sınıflandırma başarısını artıran bir yönde etkilediğini söyleyebiliriz.

Başarısı yüksek olan ham verilerden çıkarılan özelliklerin ortalamalarından harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 4.1. Kontrol grubu ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

15 kişilik kontrol grubunun ortalama sağ ve sol bacak kas aktivasyon haritaları karşılaştırıldığında genel olarak yapılan hareketlerdeki kas kasılmalarının simetrik olduğu gözlemlenmiştir. Alt kas grubu hareketlerde tam simetriklik görülmektedir. Üst kas gruplarında Vastus Lateralis, Semiendinosus kaslarının ve Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head kaslarında sol tarafta ve sağ tarafa göre daha fazla aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.

Baş parmak ekstansiyon hareketinde literatürde de olduğu gibi Extensor Hallucis Longus kasının aktif olduğu gözlemlenmiştir. Aynı harekette Flexor Hallucis Brevis

kasında bir aktivasyon beklenmezken kişilerin ayak parmağı ekstansiyon hareketini yaparken bu kas grubundan destek aldığı düşünülmektedir.

Ayak parmak fleksiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis kasının aktif olması beklenirken Extensor Hallucis Longus kasının Flexor Hallucis Brevis kasından daha fazla aktivasyon gösterdiği görülmektedir.

Ayak bileği ekstansiyon hareketinde kas gruplarının aktif olması gereken kaslardan Gastrocnemius Medial Head kasının kasılmadığını ama Flexor Hallucis Longus kasılma olmaması gerekirken kasın aktif olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi hareketi yaparken bireylerin parmaklarını da hareket ettirdiği düşünülmektedir.

Diz ekstansiyon hareketinde, Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarında aktivasyon beklenmektedir. Hem sağ hem de sol tarafta bu harekette bu kas gruplarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Fakat bu hareketi yaparken bireyler alt bacak kas gruplarından ve kalça kas gruplarından destek aldığından Soleus, Semiendinosus ve Adductor Magnus kaslarında fazla aktivasyon gözlemlenmiştir.

Diz fleksiyon hareketinde, Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head ve Semiendinosus kaslarında aktivasyon beklenmektedir. Hem sağ hem sol tarafta Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head kaslarında aktivasyon olmuştur. Semiendinosus kasında bir aktivasyon gözlemlenmiştir. Ayrıca kişiler bu hareketi yaparken alt bacak arka kas gruplarından destek aldığı görülmüştür. Bu hareketi yaparken Adductor Magnus kasında da aktivasyon olmuştur.

Kalça ekstansiyonu hareketi, Semiendinosus kasının aktif olması beklenmektedir. Kontrol grubu sağ ve sol tarafta bu harekette bu kas grubunda beklenen büyüklükte bir aktivasyon oluşmamıştır.

Kalça flexiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head, Biceps Femoris Short Head ve Rectus Femoris kaslarında aktivasyon beklenirken bu kas gruplarında kasların aktive olduğu gözlemlenmiştir.

Kalça abduksiyon (açma) hareketinde Adductor Magnus, Rectus Femoris kaslarında aktivasyon beklenmektedir. Sağ tarafta Rectus Femoris kası sol tarafta göre daha düşük bir aktivasyon göstermiştir. Adductor Magnus kasında her iki tarafta aktivasyon gözlemlenmiştir.

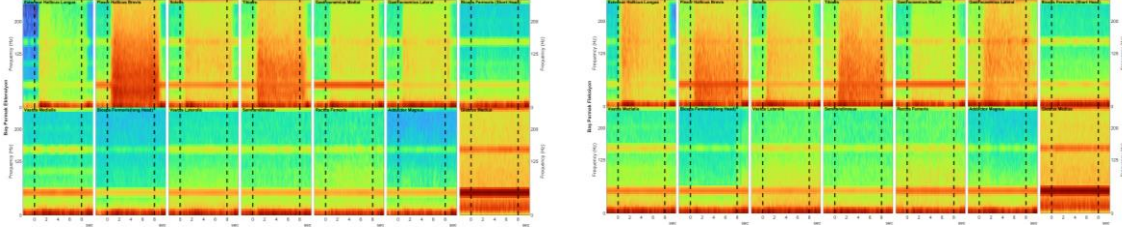
Kalça adduction (kapama) hareketinde Adductor Magnus kası hem sağ hem de sol tarafta aktiftir. Bu harekette Soleus ve üst bacak kas grupları da aktivasyon göstermiştir.

Kontrol grubu sağ ve sol bacakta yapılan 10 harekete karşılık gelen kaslarda benzer aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Bununla birlikte üst bacak hareketlerinde Soleus ve Adductor Magnus kaslarından destek aldığı ya da bu kasların istemsiz olarak kasıldığını düşündürmektedir.

Kontrol grubu kas aktivasyon haritalarında alt kas grubu hareketlerde üst kas gruplarında olması gerektiği gibi bir aktivasyon gözlemlenmemiştir. Üst kas grubu

hareketlerinde alt kas gruplarından destek alarak bu hareketleri gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir.

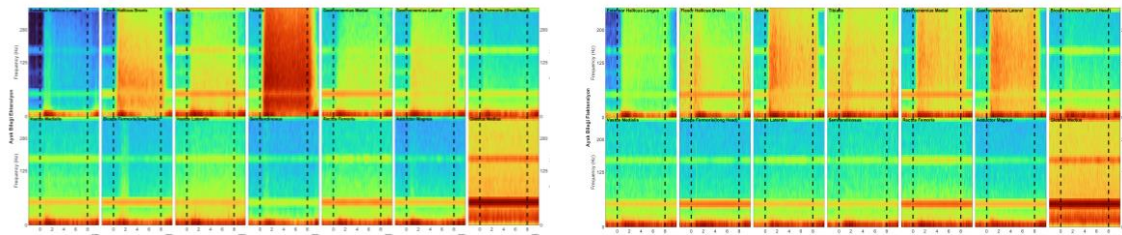
Kontrol Grubu Spektrum Analizi



Şekil 4.2. Kontrol grubu sağ baş parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Verilen spektrum grafiklerinde iki saniye dinlenme, 8 saniye hareket verileri üzerinden oluşturulmuştur. Kişilerin bu grafiklerde dinlenme ve hareket durumları açık bir şekilde görülmektedir. Sağ ayak baş parmak ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis, Soleus, Tibialis ve Gluteus Medius kaslarında frekansın 150Hz üzerinde olduğu aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Extensor Hallucis Longus kasında 150Hz altında hareket başlangıcında iki saniyelik bir aktivasyon gözlemlenirken, Gastrocnemius Medial Head, Gastrocnemius Lateral Head kaslarında frekansın 150Hz altında hareket boyunca kasılmalar mevcuttur. Hareketi gerçekleştirebilmek için bu kas gruplarından destek alındığı görülmektedir.

Sağ ayak baş parmak fleksiyon hareketinde alt kas gruplarından Gastrocnemius Medial Head kası hariç diğer kasların 150Hz üzerinde hareket boyunca kasılmalar gözlemlenmektedir. Üst kas gruplarından Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarında 125Hz ve altında düşük frekanslı aktivasyonlar olduğu gözlemlenmiştir.

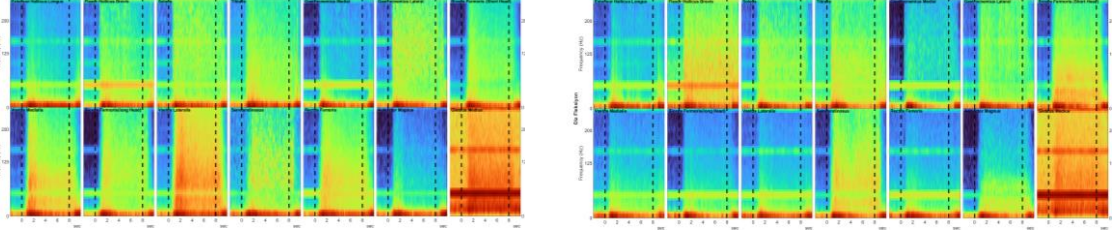


Şekil 4.3. Kontrol grubu sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sağ ayak bileği ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis ve Gluteus Medius kaslarında frekansın 150-200Hz arasında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Tibialis kasında 8sn hareket boyunca 200Hz üzerinde güçlü bir aktivasyon

gözlemlenmiştir. Soleus, Gastrocnemius Medial Heat ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında 125Hz altında aktivasyon görülmektedir.

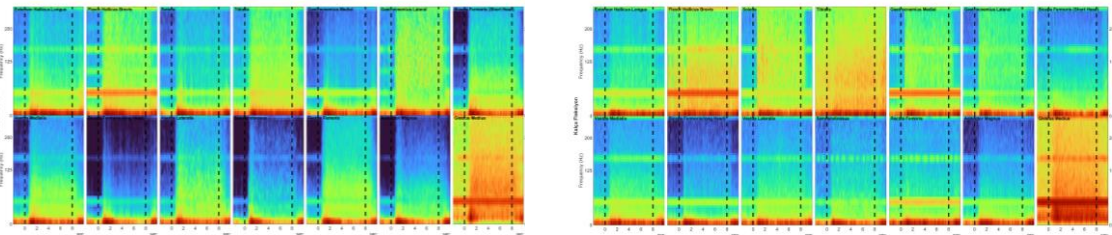
Sağ ayak bileği fleksiyon hareketinde Soleus, Tibialis Gastrocnemius Medial Heat ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında 150Hz ve üzerinde hareket boyunca kasılmalar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4. Kontrol grubu sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sağ diz ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis, Soleus, Tibialis ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında 125Hz altında hareket başlangıcında 2-4 sn arasında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Vastus Medialis ve Rectus Femoris kasında hareketin ilk iki saniyesinde 150Hz üzeri aktivasyon varken, üçüncü saniyeden sonra 100Hz altında aktivasyonlar oluşmuştur. Vastus Lateralis ve Gluteus Medius kasında 8sn hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

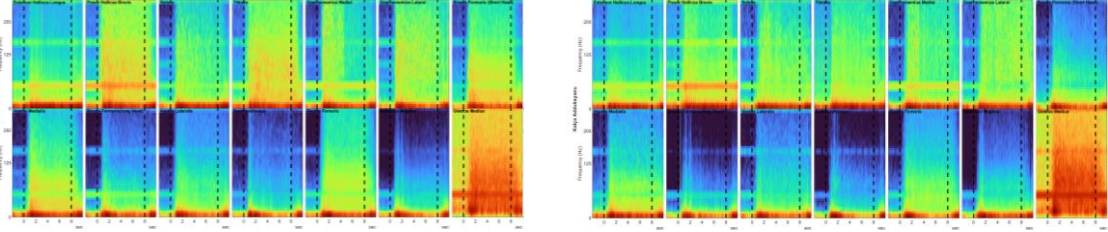
Sağ diz fleksiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis ve Biceps Femoris Long Head 150Hz ve altında hareket boyunca kasılmalar gözlemlenirken, Soleus, Tibialis ve Semiendinosus kaslarında 150Hz ve altında hareket boyunca kasılmalar gözlemlenmektedir. Adductor Magnus kasında 75Hz altında düşük aktivasyon, Gluteus Medius kasında 8sn hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 4.5. Kontrol grubu sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sağ kalça ekstansiyon hareketinde alt kas gruplarından Flexor Hallucis Brevis, Soleus ve Tibialis kaslarında hareket boyunca 150Hz altında aktivasyon gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında ise 125Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8 saniye hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

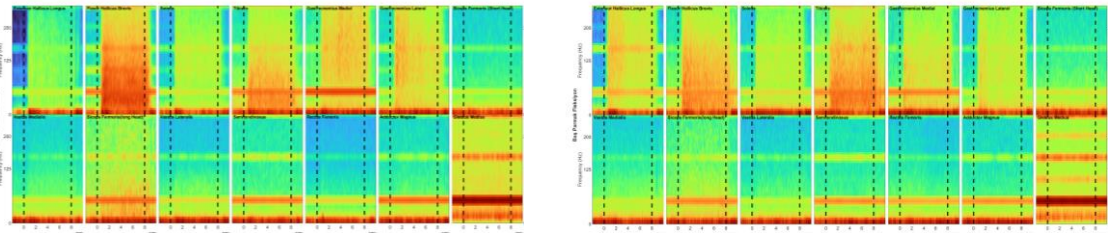
Sağ kalça fleksiyon hareketinde alt kas gruplarından Flexor Hallucis Brevis, Gastrocnemius Lateral Head ve Tibialis kaslarında hareket boyunca 150Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Vastus Lateralis, Vastus Medialis, Adductor Magnus ve Rectus Femoris kasında 100Hz ve altında hareket boyunca düşük kasılmalar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8 saniye hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 4.6. Kontrol grubu sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Sağ kalça abdüksiyon(açma) hareketinde alt kas gruplarından Flexor Hallucis Brevis ve Soleus kaslarında hareket boyunca 150Hz altında aktivasyon gözlemlenmiştir. Biceps Femoris Short Head kasına ve Vastus Medialis 100Hz arasında düşük aktivasyonlar oluşmuştur. Üst kas gruplarında ise 125Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8 saniye hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

Sağ kalça addüksiyon(kapama) hareketinde alt kas gruplarında hareketi gerçekleştirirken alt kas grupları kompanse olmuştur. Bu kaslarda kaslarında hareket boyunca 150Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında ise Gluteus Medius kası hariç 100Hz altında hareket boyunca düşük kasılmalar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8sn hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

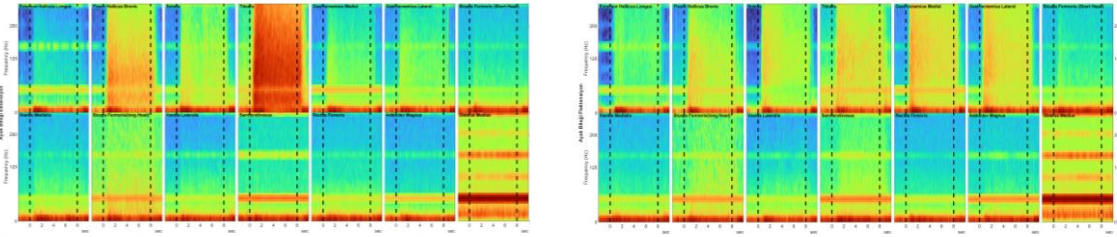


Şekil 4.7. Kontrol grubu sol baş parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol ayak baş parmak ekstansiyon Flexor Hallucis Brevis, Tibialis, Gastrocnemius Medial Head kaslarında frekansın 150Hz üzerinde olduğu aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Extensor Hallucis Longus kasında 200Hz altında hareket boyunca

düşük aktivasyon gözlemlenmiştir. Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında frekansın 200Hz altında hareketin sonlarına doğru kasılmalarda azalma mevcuttur. Biceps Femoris Long Head kasında 125Hz arasında kas aktivasyonları gözlemlenmiştir.

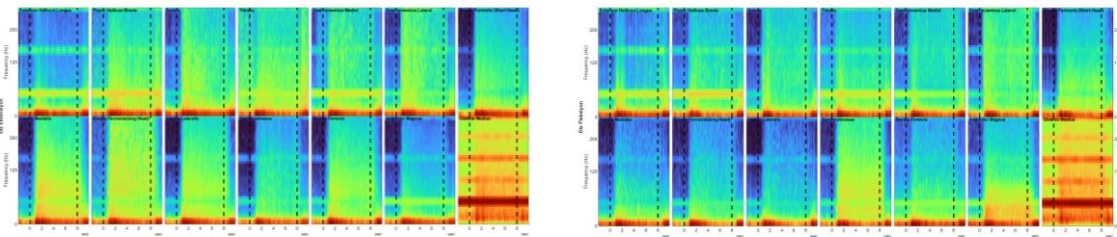
Sol ayak baş parmak fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus kasında 200Hz altında aktivasyonlar oluşmuş, hareketin sonlarına doğru aktivasyonun azaldığı gözlemlenmiştir. Hareketi gerçekleştirirken bireylerin üst kas gruplarından destek alarak hareketleri gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.8. Kontrol grubu sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol ayak bileği ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis kaslarında frekansın 200Hz altında olduğu aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Tibialis kasında 8sn hareket boyunca 200Hz üzerinde güçlü bir aktivasyon gözlemlenmiştir. Soleus, Gastrocnemius Medial Heat, Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında 125Hz altında aktivasyon görülmektedir. Bu hareket sırasında üst kas gruplarından az da olsa destek alındığı gözlemlenmiştir.

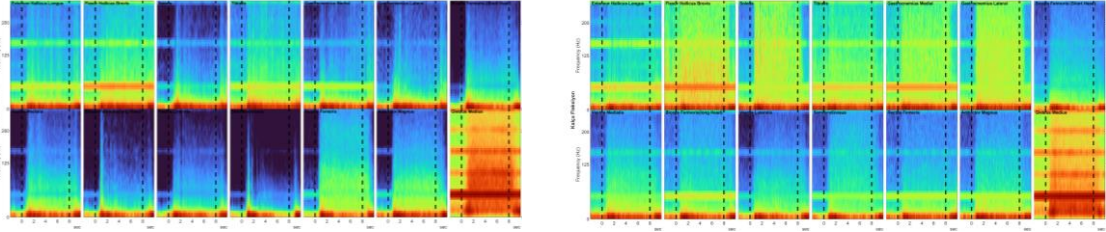
Sol ayak bileği fleksiyon hareketinde Soleus, Gastrocnemius Medial Heat, Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında 150Hz altında düşük aktivasyonlu kasılmalar gözlemlenmiştir. Tibialis ve FHL kaslarında 200Hz altında hareket boyunca kasılmalar mevcuttur.



Şekil 4.9. Kontrol grubu sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol diz ekstansiyon hareketinde alt kas gruplarının da bu harekete destek verdiği gözlemlenmiştir. Vastus Medialis, Biceps Femoris Long Head, Vastus Lateralis, Semiendinosus ve Rectus Femoris kaslarında 200Hz üzeri aktivasyon varken, Adductor Magnus kasının 125Hz arası düşük aktivasyon gözlemlenmiştir.

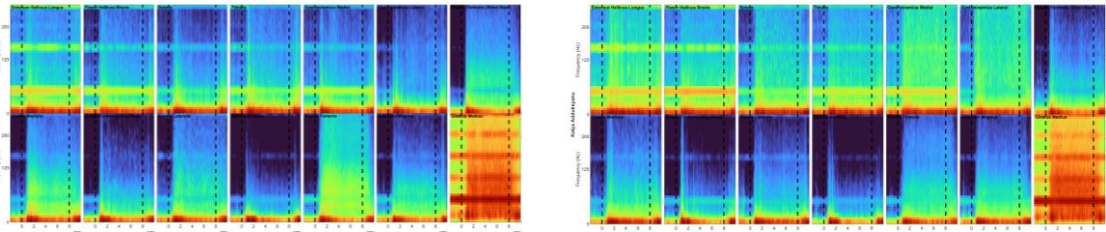
Sol diz fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus kasında ilk iki saniyede aktivasyon olup sonra ara ara aktivasyonlar oluşmuştur. Diğer alt kas grupları da bu hareket gerçekleştirilirken üst kas gruplarına kompanze olmuştur. Üst kas gruplarında 150Hz altında aktivasyonların meydana geldiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.10. Kontrol grubu sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol kalça ekstansiyon hareketinde alt kas grupların hareket boyunca aktive olduğu gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında ise 150Hz altında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.

Sol kalça fleksiyon hareketinde alt kas gruplarından Soleus, Gastrocnemius Medial Head, Gastrocnemius Lateral Head 150Hz altında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarından Biceps Femoris Long Head, Semiindinosus kaslarında 100Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Rectus Femoris ve Adductor Magnus kaslarında 150Hz altında hareket boyunca düşük kasılmalar gözlemlenmiştir.



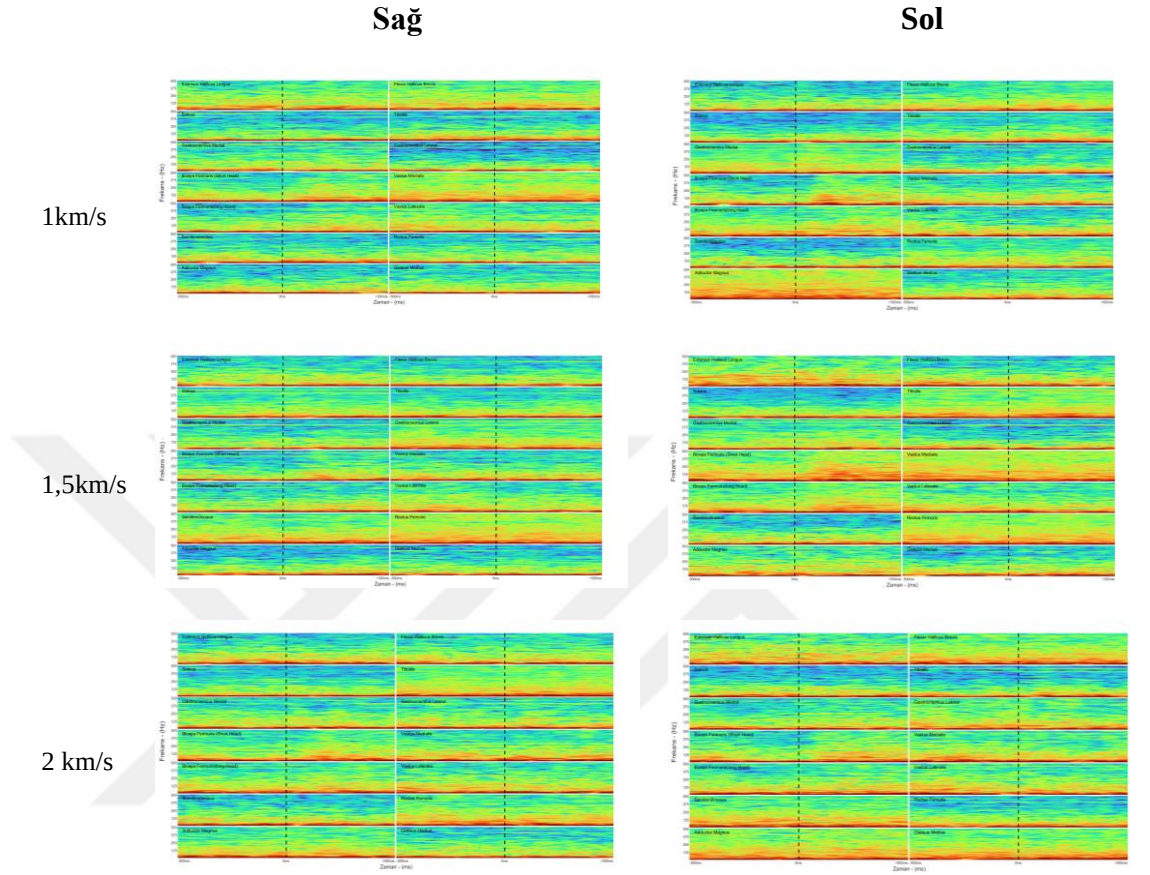
Şekil 4.11. Kontrol grubu sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Sol kalça abdüksiyon (açma) hareketinde alt kas gruplarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Biceps Femoris Long ve Semiindinosus 100Hz arasında düşük aktivasyonlar oluşmuştur. Adductor Magnus, Vastus Medialis ve Rectus Femoris kaslarında 150Hz altında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8sn hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

Sol kalça addüksiyon (kapama) hareketinde alt kas gruplarında 200Hz'e kadar bir aktivasyon gözlemlenmiştir. Adductor Magnus, Vastus Medialis ve Rectus Femoris kaslarında 125Hz altında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8sn

hareket boyunca 200Hz üzerinde bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

Kontrol grubu yürüme analizi



Şekil 4.12. Kontrol grubu sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi

Extensor Hallucis Longus, Flexor Hallucis Brevis ve Vastus Medialis kaslarında yürüme analiz sonuçlarında adım öncesi ve adım sonrası 250Hz ve üzeri kasılma gözlemlenmiştir. Ayrıca bu kas gruplarında hem adım önce hem de adım sonrası kaslarda benzer aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Gastrocnemius Lateral Head kasında 150Hz altında bir aktivasyon olmuştur.

Soleus kası yürüme ve ayakta durma ile ilişkili kas grubu olarak bilinmektedir. Adım öncesi ve adım sonrası Soleus kasının 125Hz altında bir frekansta olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol grubunda Tibialis ve Soleus kaslarında yürüme sırasında daha yüksek frekanslı aktivasyon gözlenmesi beklenmektedir.

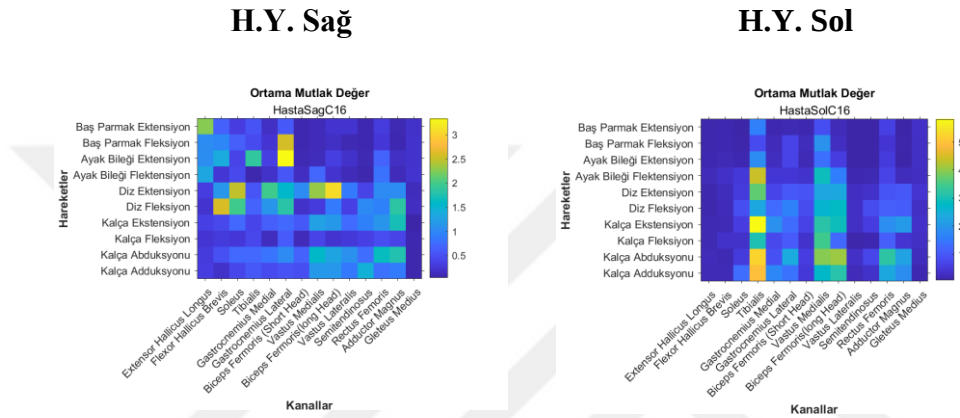
1 km/s -1,5 km/s hızda yürüme arasında Gastrocnemius Lateral Head ve Rectus Femoris kaslarının hem adım öncesi hem de adım sonrası kasılmasında 350-400Hz'e kadar yükselen bir aktivasyon gözlemlenmiştir. Biceps Femoris (Short Head), Adductor Magnus ve Gluteus Medius kaslarında yürüme önce ve yürüme sonrası değişen hızlarda

bir farklılık gözlemlenmiştir.

1 km/s -2 km/s hızda yürümede Tibialis kasının frekans aralığı 150Hz'den 350Hz'e kadar yükselmiştir. Yürüme hızı arttıkça bireylerin kas aktivasyon frekansları ve kasların kasılma gücü de artış göstermektedir.

4.2. Replant Hasta Grubu Analiz Sonuçları

4.2.1. H.Y'nin analiz sonuçları



Şekil 4.13. H.Y. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

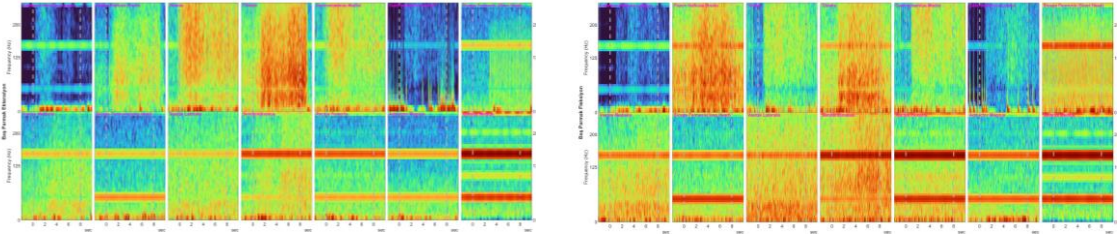
H.Y. replant olan sol tarafta alt kas grubu hareketlerini yaparken (Baş parmak fleksiyon-ekstansiyon, ayak bileği fleksiyon-ekstansiyon) üst kas gruplarında aktivasyona daha çok dahil olma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir.

Replant olan bacakta yapılan 10 harekette de Extensor Hallucis Longus, Flexor Hallucis Brevis ve Soleus kaslarında bir aktivasyon görülmemiştir.

H.Y.'nin sağ bacak ve replant olan sol bacak karşılaştırıldığında üst kas gruplarında benzer aktivasyonlar gözlemlenirken alt kas gruplarında replant olan tarafta Tibialis kasını diğer hareketlere kompanse ederken, sağ bacakta kontrol grubunda olduğu gibi Soleus kasını kompanse ettiği gözlemlenmiştir.

Kontrol grubunda üst kas grubu hareketlerinde Soleus kasını aktif olduğu gözlemlenirken H.Y.'nin replant olan sol tarafında üst kas grubu hareketlerinde hareketi gerçekleştirirken Tibialis kasından destek alarak hareketleri gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir.

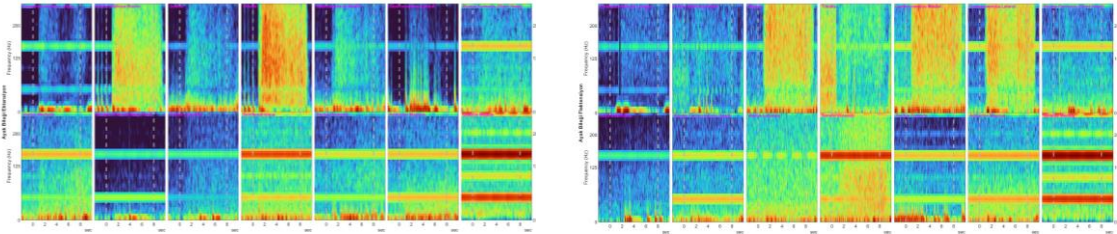
H.Y. Spektrum Analizi



Şekil 4.14. H.Y. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

H.Y.'nin spektrum grafiği incelendiğinde, sağ ayak baş parmak ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis, Soleus ve Tibialis kaslarında 150Hz üzerinde olduğu kontrol grubuna benzer aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Extensor Hallucis Longus kasında düşük frekanslı, hareket başlangıcında iki saniyelik bir aktivasyon gözlemlenirken, Gastrocnemius Medial Heat kasında hareketin ilk dört saniyesinde kasılmalar mevcuttur. Hareketi gerçekleştirebilmek için üst kas gruplarını az da olsa kastediği görülmektedir.

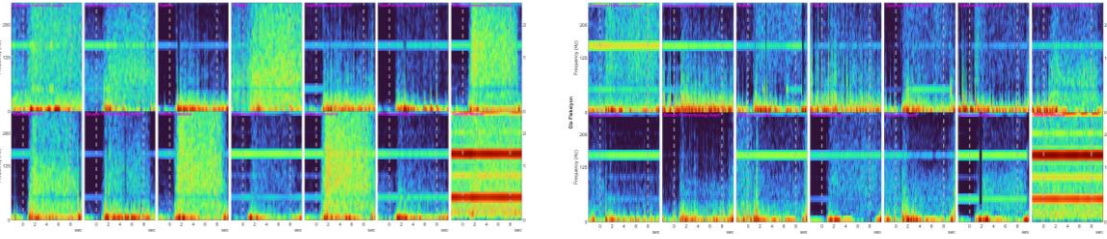
Sağ ayak baş parmak fleksiyon hareketinde, Gastrocnemius Medial Heat, Soleus, Tibialis kaslarında 200Hz üzerinde güçlü kasılmalar mevcuttur. Flexor Hallucis Brevis kasında dinlenme ve hareket anında sürekli ve güçlü bir aktivasyon gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarından hareketi gerçekleştirebilmek için destek aldığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.15. H.Y. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

H.Y.'nin spektrum grafiği incelendiğinde ayak bileği ekstansiyon hareketinde Tibialis kasının 200Hz'in üzerinde bir aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir. Bu harekette Soleus ve Flexor Hallicus Brevis kasında da aktivasyon gözlemlenmiştir.

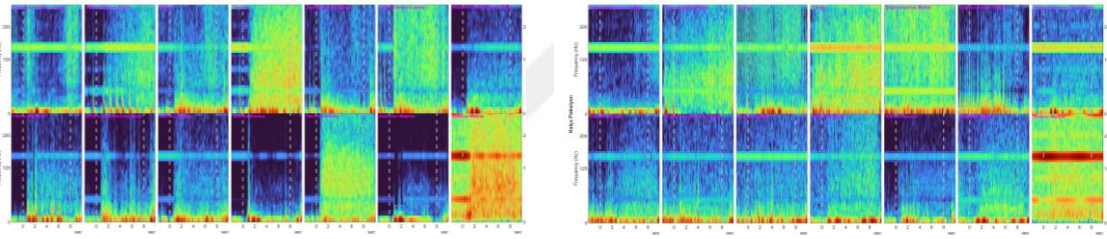
Ayak bileği fleksiyon hareketinde Soleus, Gastrocnemius Medial Heat ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 4.16. H.Y. sağ diz ekstansiyon-fleksiye hareketi spektrum grafiği

Sağ diz ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis, Flexor Hallucis Longus ve Tibialis kaslarında bir aktivasyon beklenmezken hareket başlangıcından dinlenmeye kadar aktivasyon gözlemlenmiştir. Biceps Femoris Short Head, Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarında harekete başladıktan iki saniye sonra 150Hz altında düşük aktivasyon gözlemlenmiştir.

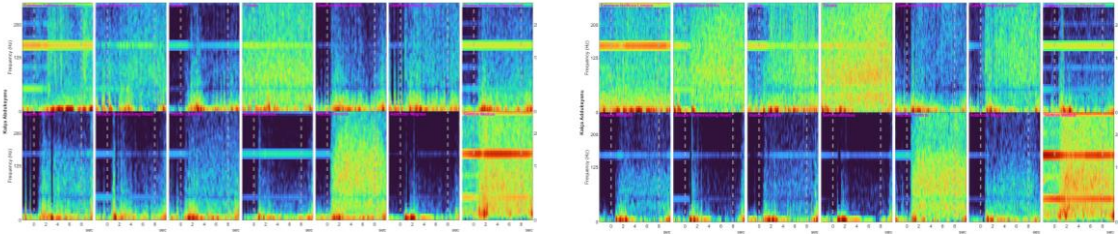
Sağ diz fleksiye hareketinde üst kas gruplarında 100Hz ve altında düşük aktivasyon gözlemlenmiştir. Burada kişinin hareketi tam olarak gerçekleştiremediği görülmüştür.



Şekil 4. 17. H.Y. sağ kalça ekstansiyon-fleksiye hareketi spektrum grafiği

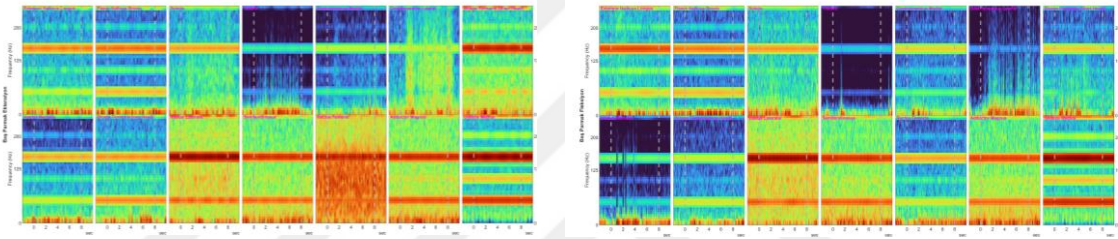
Sağ kalça ekstansiyon hareketinde alt kas gruplarından Tibialis kasında hareket boyunca 150Hz altında aktivasyon gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında ise 125Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Gluteus Medius kasında 8 saniye hareket boyunca 200Hz altında bir aktivasyon gözlemlenmiştir.

Sağ kalça fleksiye hareketinde alt kas gruplarından Flexor Hallucis Brevis, Gastrocnemius Medial Head ve Tibialis kaslarında hareket boyunca 125Hz altında dinlenme ve hareket anında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında ise belli belirsiz aktivasyonlar mevcuttur.



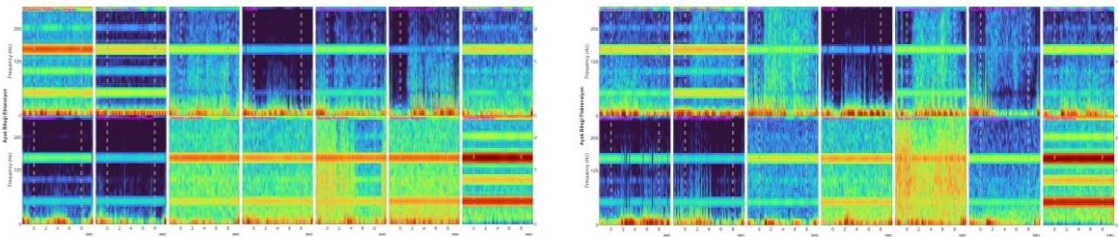
Şekil 4.18. H.Y. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Sağ kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketinde Rectus Femoris ve Gluteus Medius kaslarında 150Hz altında düşük aktivasyon gözlemlenmiştir.



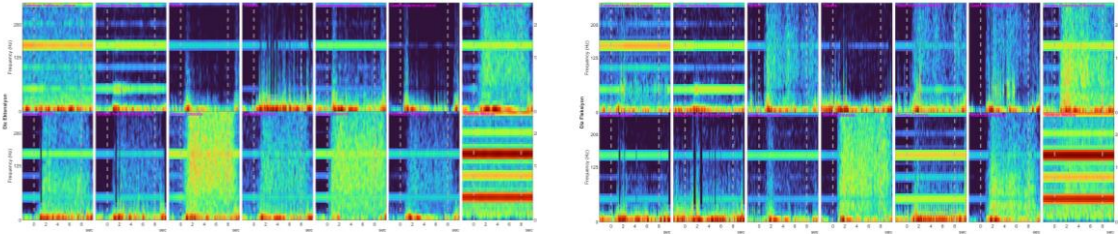
Şekil 4.19. H.Y. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol ayak parmak ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerinde Flexor Hallucis Brevis, Extensor Hallucis Longus kaslarında aktivasyon olması beklenirken bu kaslarda bir aktivasyon gözlemlenmemiştir. Bu hareketi gerçekleştirebilmek için üst kas gruplarını kastıkları gözlemlenmiştir.



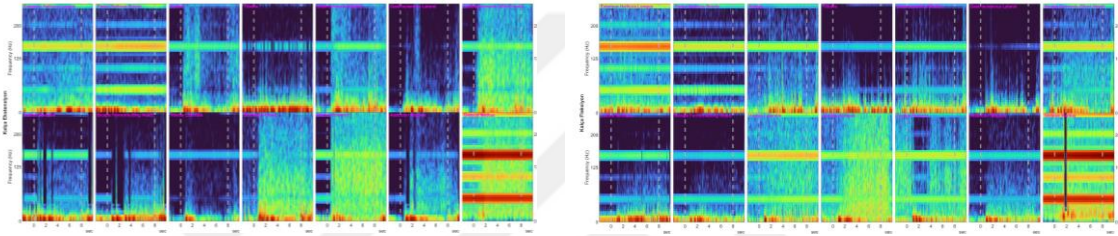
Şekil 4.20. H.Y. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol ayak bileği parmak ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerinde Tibialis ve Soleus kaslarında aktivasyon olması beklenirken bu kaslarda bir aktivasyon gözlemlenmemiştir. Bu hareketi gerçekleştirebilmek için üst kas gruplarını kastıkları gözlemlenmiştir.



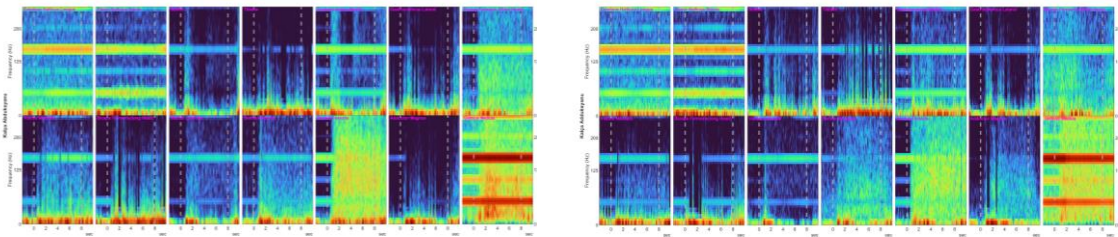
Şekil 4.21. H.Y. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol diz ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerinde üst kas gruplarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Ayrıca fleksiyon hareketinde Soleus kasından az da olsa destek aldığı bir aktivasyon gözlemlenmemiştir.



Şekil 4.22. H.Y. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketlerinde alt kas gruplarından Soleus kasında hareket boyunca düşük de olsa aktive olduğu hareket boyunca bu kastan destek aldığı gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında ise 150Hz altında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir.

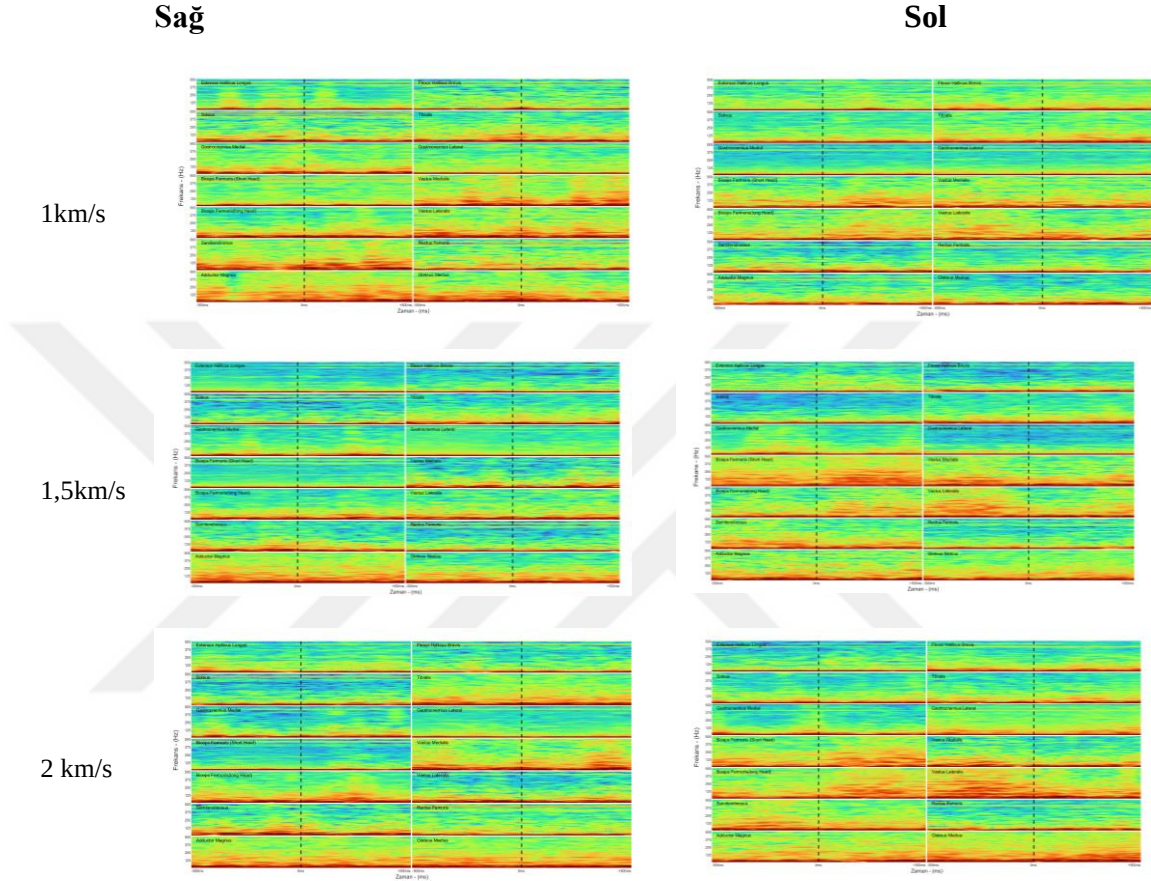


Şekil 4.23. H.Y. sol kalça abduksiyon(açma)-adduksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Sol kalça abduksiyon (açma), adduksiyon (kapama) hareketlerinde Biceps Femoris Short Head, Semiindinosus ve Rectus Femoris 150Hz ve altında düşük aktivasyonlar oluşmuştur.

H.Y.'nin spektrum grafikleri sonucunda sağ ve sol bacakta ayak parmağı hareketlerinde üst kas gruplarını bu hareketi gerçekleştirebilmek için kompanze ettiği düşünülmektedir. Ayrıca her harekette sağ ve sol bacak spektrum karşılaştırmalarında da bir simetriklik gözlemlenmemiştir.

H.Y yürüme analizi

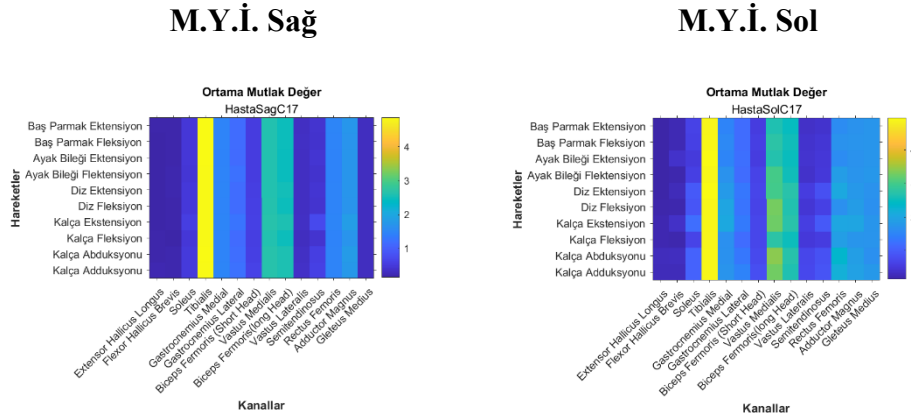


Şekil 4.24. H.Y. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi

H.Y.'nin yürüme analizi bulgularında hem sağ hem de sol bacakta değişen hızlarda üst kas gruplarında daha fazla aktivasyon gözlemlenmiştir. H.Y. replant hastası olduğundan yürüme sırasında yürümeyi gerçekleştirebilmek için üst kas gruplarını bu hareketlere kompanze ettiği gözlemlenmiştir. Alt kas gruplarında ise değişen hızlarda bile kas aktivasyonlarının düşük frekansta olduğu gözlemlenmiştir. Sağ ve sol bacakta yürüme analizi aktivasyonlarında küçük farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

H.Y.'nin kontrol grubundan farklı olarak yürüme sırasında da motor hareketler de olduğu gibi üst kas gruplarının alt kas gruplarına göre daha fazla aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.

4.2.2. M.Y.İ'nin analiz sonuçları

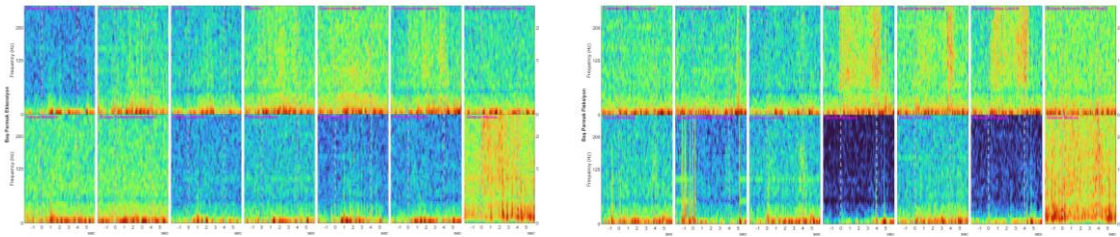


Şekil 4.25. M.Y.İ. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

Sağ replant M.Y.İ.'nin kas aktivasyon haritaları karşılaştırıldığında sağ ve sol bacakta benzer aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında benzer bir kas aktivasyonu gözlemlenmemiştir.

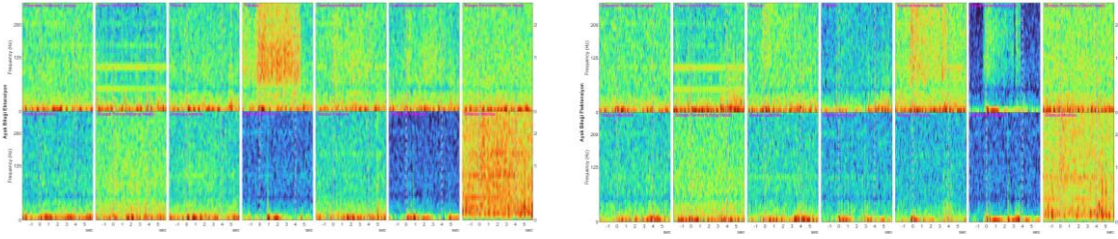
Hareketleri yaparken Tibialis kasının her iki bacakta da sürekli kasılma halinde olduğu gözlemlenmiştir. Sol tarafta replant olan sağ tarafa göre üst kas gruplarında daha fazla kasta daha aktivasyon gözlemlenmiştir.

M.Y.İ. Spektrum Analizi



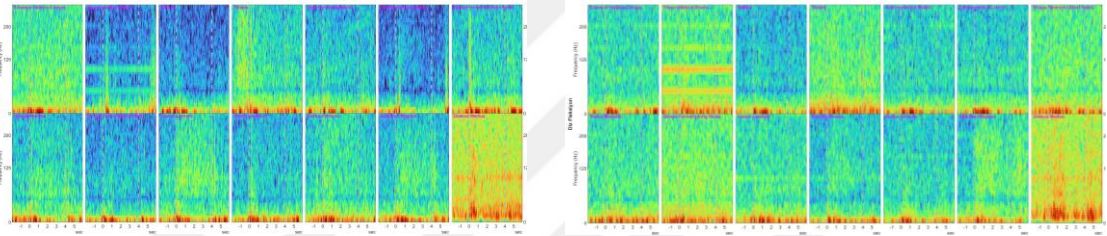
Şekil 4.26. M.Y.İ. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.Y.İ. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketlerini gerçekleştiremediği verilen spektrum grafiklerinde gözlemlenmiştir. Hem alt hem de üst kas gruplarında hareket ve dinlenme durumlarında aktivasyonlar görülmektedir.



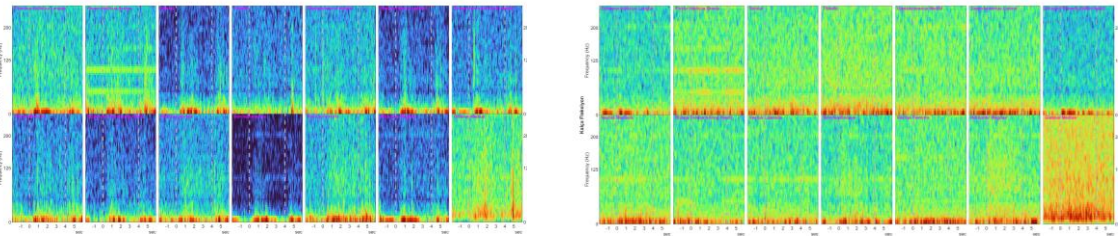
Şekil 4.27. M.Y.İ. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketlerini gerçekleştiremediği verilen spektrum grafiklerinde gözlemlenmiştir. Ekstansiyon hareketinde Soleus kasında hareket boyunca 200Hz üzerinde aktivasyon, Fleksiyon hareketinde ise Gastrocnemius Medial Heat kasında aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.



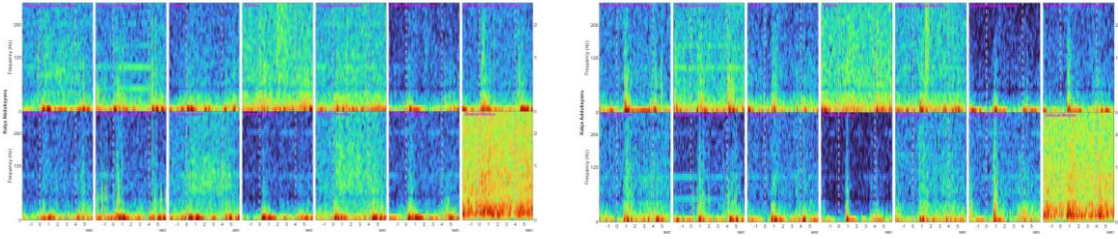
Şekil 4.28. M.Y.İ. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sağ diz ekstansiyon hareketinde Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Adductor Magnus kaslarında düşük aktivasyonlar gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde kas gruplarında hareketi gerçekleştirirken belirgin bir aktivasyon oluşmadığı gözlemlenmiştir.



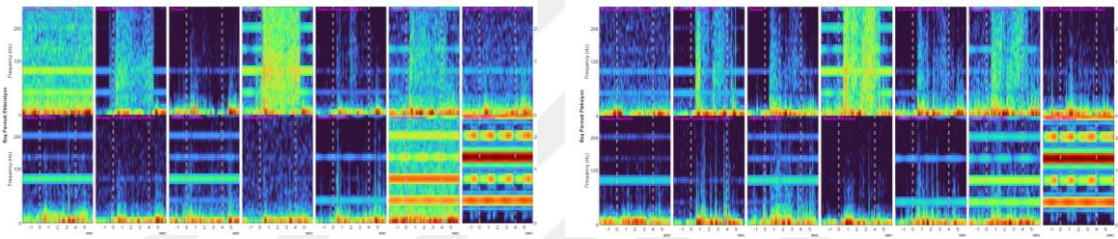
Şekil 4.29. M.Y.İ. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sağ kalça ekstansiyon hareketinde üst kas gruplarında belli belirsiz aktivasyonlar oluştu gözlemlenmektedir. Fleksiyon hareketinde ise tüm kas gruplarında hem dinlenme hem de hareket durumlarında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



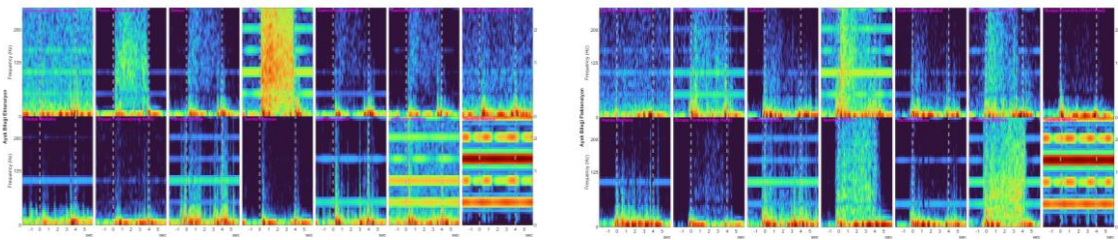
Şekil 4.30. M.Y.İ. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketinde benzer bir spektrum grafiği gözlemlenmiştir. Her iki harekette de Gleteus Medius kasında yüksek frekanslı güçlü aktivasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 4.31. M.Y.İ. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.Y.İ. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketlerinde Flexor Hallucis Brevis, Tibialis ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.

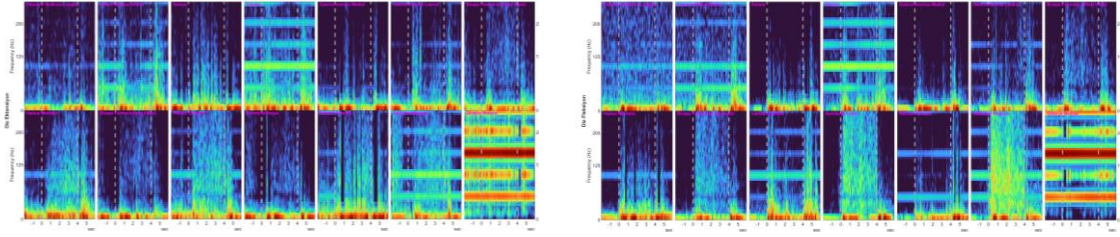


Şekil 4.32. M.Y.İ. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.Y.İ. sol ayak bileği ekstansiyon hareketinde Flexor Hallucis Longus, Flexor Hallucis Brevis, Soleus, Gastrocnemius Lateral Heat ve Gastrocnemius Medial Heat kaslarında düşük aktivasyon da olsa kasılmalar olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Tibialis kasında 200Hz üzerinde bir aktivasyon olduğu görülmektedir.

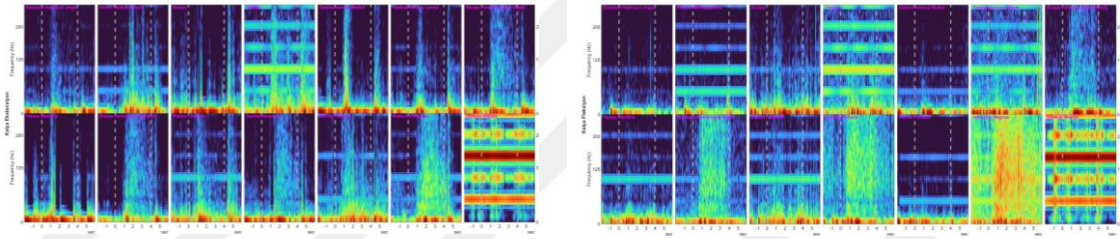
Sol ayak bileği fleksiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis, Soleus,

Gastrocnemius Lateral Head, Tibialis, Semitendinosus ve Adductor Magnus kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Hareket gerçekleşirken üst kaslardan destek almıştır.



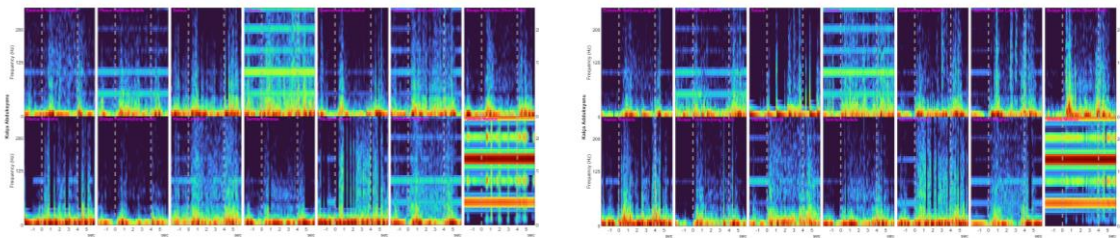
Şekil 4.33. M.Y.İ. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol diz ekstansiyon ve fleksiyon hareketinde benzer aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Ekstansiyon hareketinde Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarında, fleksiyon hareketinde ise Biceps Femoris Long Head, Semitendinosus ve Adductor Magnus kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.34. M.Y.İ. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Sol kalça ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerinde Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head, Semitendinosus ve Adductor Magnus kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



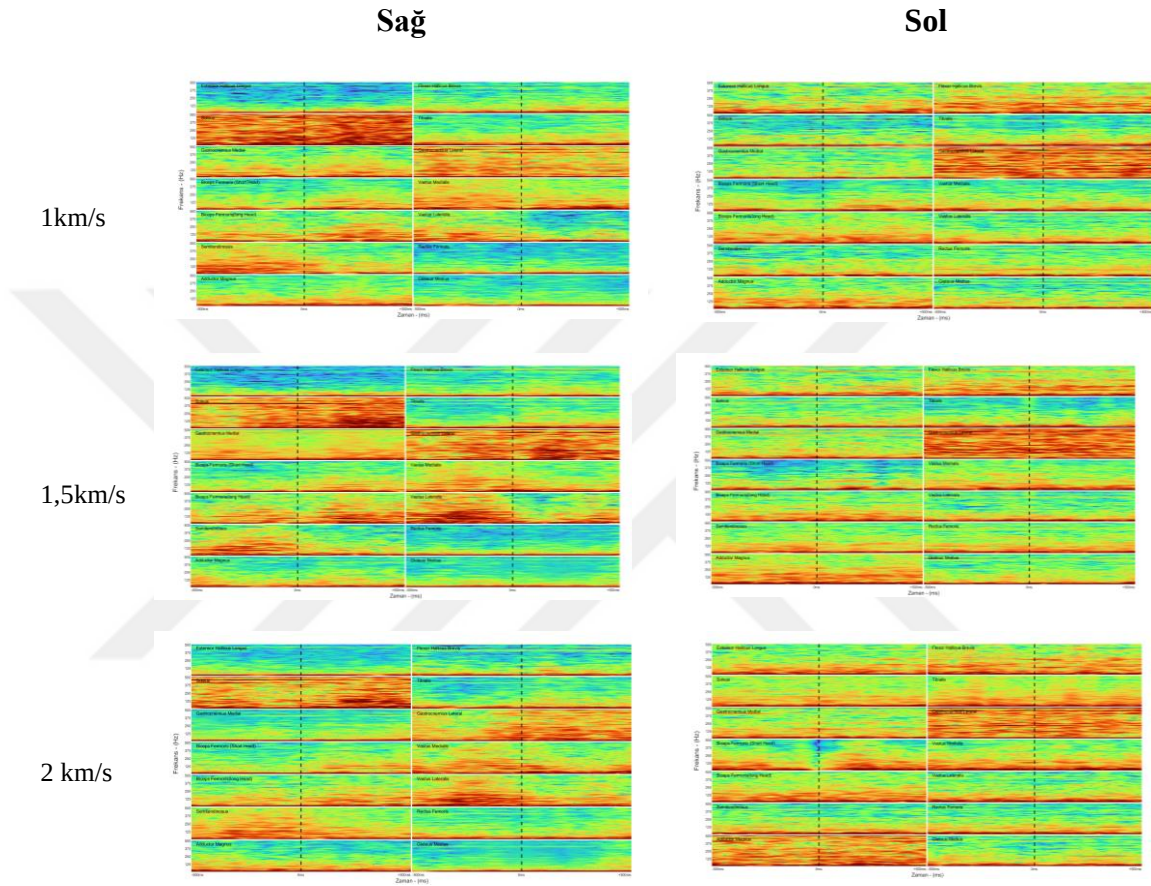
Şekil 4.35. M.Y.İ. sol kalça abduksiyon(açma)-adduksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Sol kalça abduksiyon(açma)-adduksiyon(kapama) hareketinde Vastus Lateralis, Rectus Femoris ve Adductor Magnus kaslarında aktivasyonlar mevcuttur.

M.Y.İ.'nin spektrum grafikleri sonucunda sağ ayak replant hastası olmasına

rağmen sağlıklı olan sol bacakta, yapılan motor hareketlerde kontrol grubuna benzer bir kasılama gözlemlenmemiştir. Ayrıca her harekette sağ ve sol bacak spektrum karşılaştırmalarında da bir simetriklik gözlemlenmemiştir. Kontrol grubu sağ bacağının ve M.Y.İ.'nin replant olan sağ bacağının spektrum grafikleri karşılaştırıldığında grafiklerde aynı hareketlerde benzer kas gruplarının aktive olduğu gözlemlenmiştir.

M.Y.İ yürüme analizi

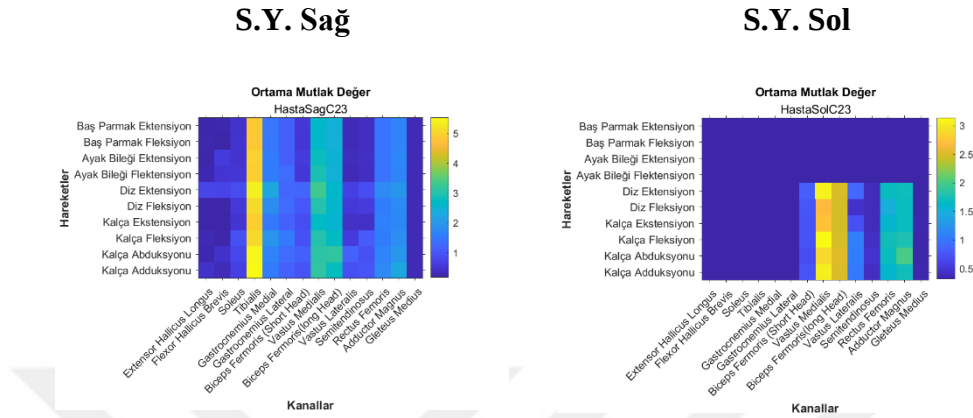


Şekil 4.36. M.Y.İ. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi

M.Y.İ. sağ replant hastası olduğundan sağ bacak değişen hızlarda yürüme analizinde Extensor Hallucis Longus kasında bir aktivasyon oluşmamıştır. Sağ replant olmasına rağmen farklı yürüme hızlarında Soleus kasında 450Hz üzeri aktivasyon gözlemlenirken kontrol grubunda ve kendi sol bacağında 125Hz altında aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir. Sağ ve sol bacak değişen hızlarda yürüme analizi sonucunda çok benzer bir aktivasyon gözlemlenmemiştir. Gastrocnemius Lateralis kası hem sağ bacakta hem de sol bacakta benzer aktivasyonu gösterirken, M.Y.İ.'nin sol bacağında Flexor Hallucis Brevis kası ve Adductor Magnus kası daha yüksek aktivasyon göstermekte ve diğer kas grupları ise sağ tarafta daha yüksek aktivasyon göstermektedir. M.Y.İ.'de diğer replant hastasında olduğu gibi (Soleus kası hariç) üst kas grupları yürüme esnasında da motor hareketlerde olduğu gibi daha fazla aktive olmuştur.

4.3. Ampute Hasta Grubu Analiz Sonuçları

4.3.1. S.Y'nin analiz sonuçları

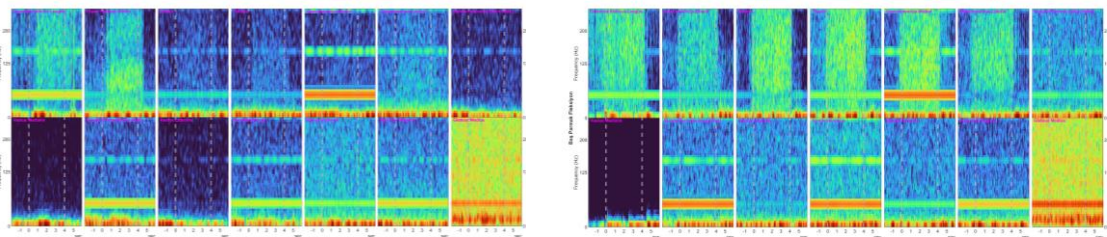


Şekil 4.37. S.Y. Ortalama Mutlak Değer için Harekete Karşılık Gelen Kas Gruplarının Aktivasyon Haritaları

S.Y.'nin alt kas grubu hareketlerde (baş parmak fleksiyon-ekstansiyon, ayak bileği fleksiyon-ekstansiyon) sağlam olan bacakta aktif olması gereken Extensor Hallucis Longus, Flexor Hallucis Brevis ve Soleus kaslarında aktivasyon gözlenmemiştir. Üst kas gruplarının yine bu alt kas grubu hareketlerinde özellikle Vastus Medialis ve Biceps Femoris Long Head kasının hareketi yaparken çok fazla aktivasyon gösterdiği gözlemlenmiştir. Burada hareketi gerçekleştirebilmek için alt kas gruplarını değil de üst kas gruplarından destek alarak hareketi gerçekleştiremeye çalıştığı gözlemlenmiştir.

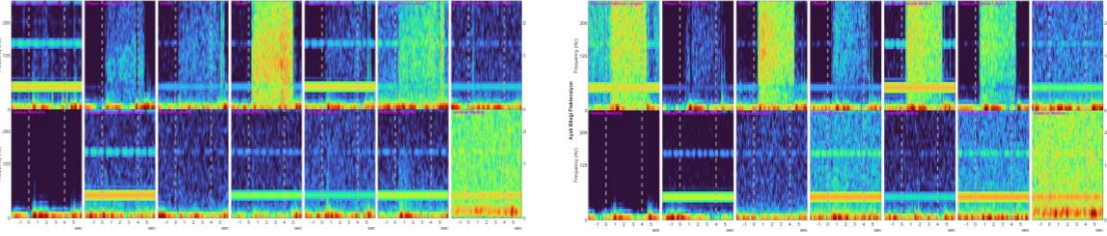
Ampute olan bacakta hareketleri gerçekleştirmek için diz altındaki kas eksikliğini diz üstündeki kas gruplarını daha fazla kullanarak hareketleri gerçekleştirmeye çalıştığı gözlemlenmiştir.

S.Y. Spektrum Analizi



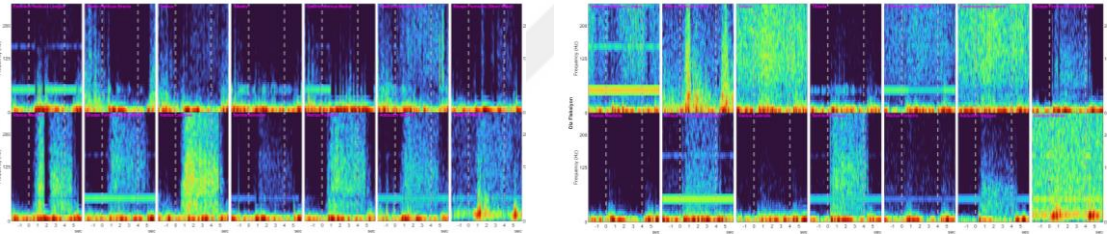
Şekil 4.38. S.Y. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.Y. sağ ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Extensor Hallucis Brevis kaslarında beklenen aktivasyonlar oluşmuştur. Fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Extensor Hallucis Brevis, Soleus, Tibialis, Gastrocnemius Lateral Heat ve Gastrocnemius Medial Heat kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



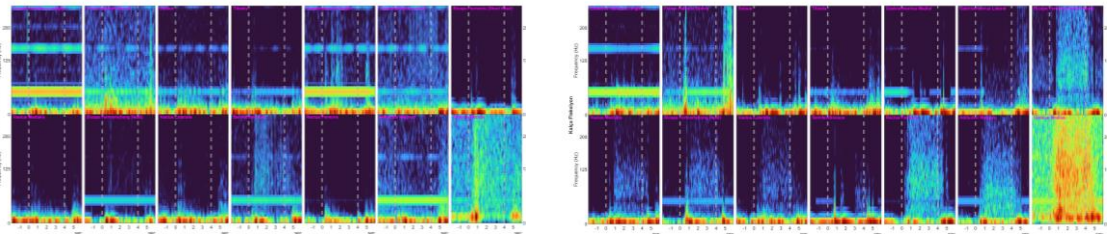
Şekil 4.39. S.Y. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.Y. sağ ayak bileği ekstansiyon hareketinde Tibialis kasında 150Hz üzerinde beklenen yüksek aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Soleus, Gastrocnemius Lateral Heat ve Gastrocnemius Medial kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



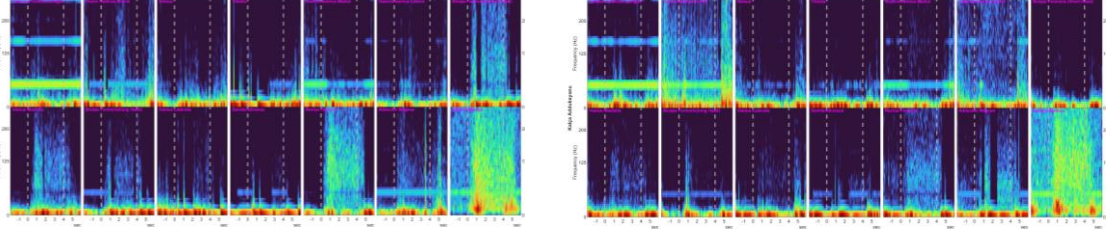
Şekil 4.40. S.Y. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.Y. sağ diz ekstansiyon hareketinde Vastus Lateralis, Vastus Medius, Biceps Femoris Long Head, Adductor Magnus ve Rectus Femoris kaslarında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Diz fleksiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head ve Semitendinosus kaslarında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



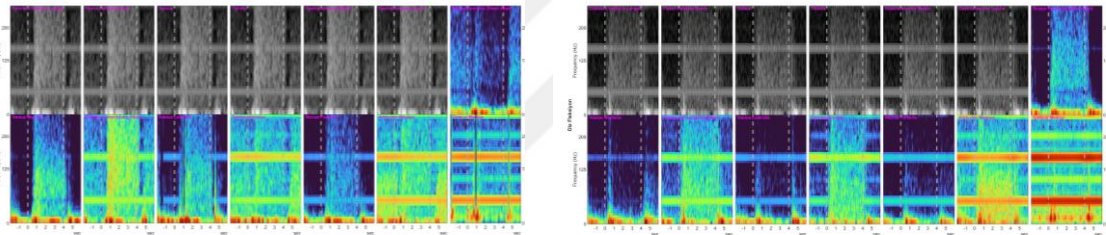
Şekil 4.41. S.Y. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.Y. sağ kalça ekstansiyon hareketinde beklenen kas aktivasyonları görülmemiştir. Fleksiyon hareketinde ise Adductor Magnus ve Rectus Femoris kaslarında düşük aktivasyon varken, Gleteus Medius kasında 150Hz üzerinde yüksek aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



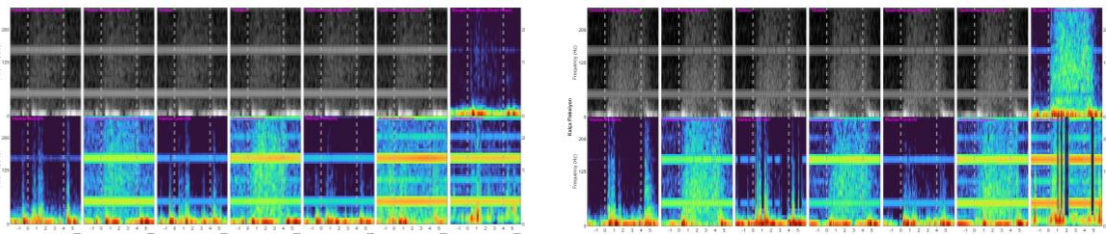
Şekil 4.42. S.Y. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

S.Y. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketinde Rectus Femoris ve Gleteus Medius kaslarında beklenen aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



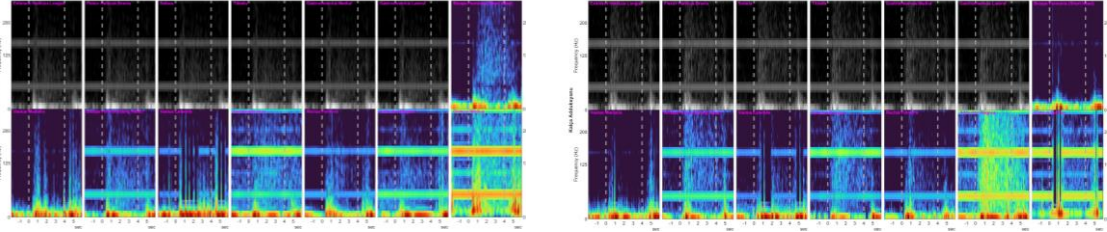
Şekil 4.43. S.Y. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.Y. sol diz ekstansiyon hareketinde Vastus Lateralis, Vastus Medius, Biceps Femoris Long Head ve Rectus Femoris kaslarında düşük aktivasyonlar gözlemlenirken, diz fleksiyon hareketinde Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head, Adductor Magnus ve Semitendinosus kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



Şekil 4.44. S.Y. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.Y. sol kalça ekstansiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head ve Semitendinosus kaslarında düşük aktivasyonlar gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde ise Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head, Semitendinosus ve Adductor Magnus kaslarında gözlemlenmiştir.

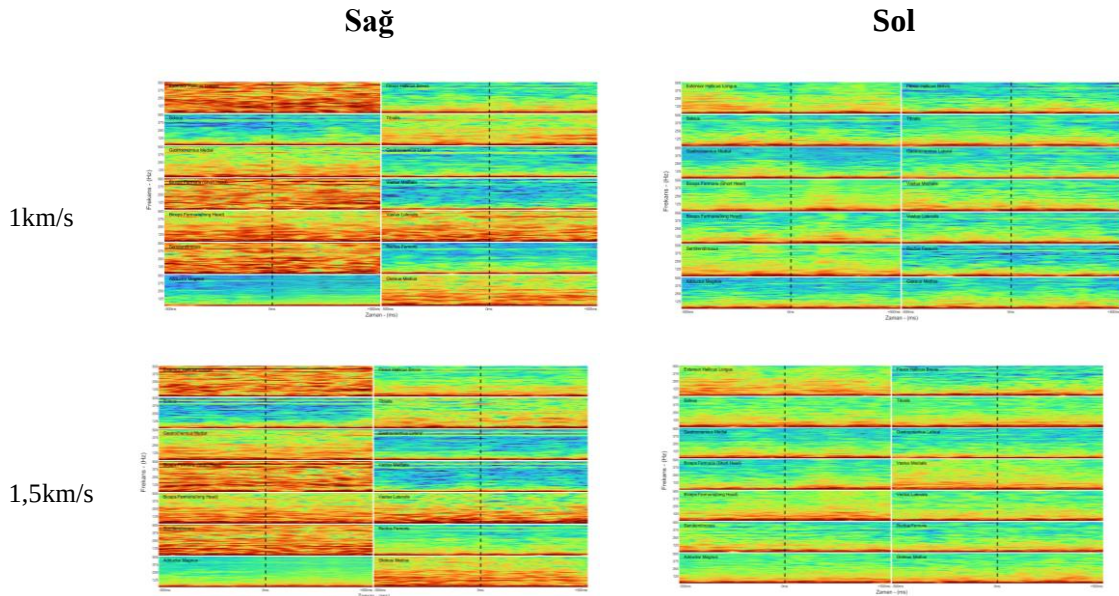


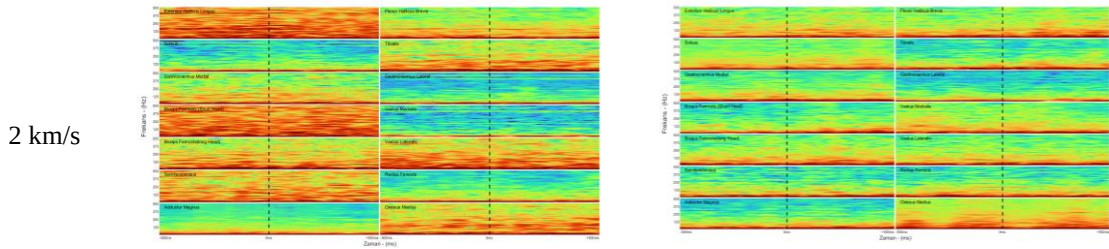
Şekil 4.45. S.Y. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

S.Y. sol kalça abdüksiyon (açma) hareketinde üst kas gruplarında belli belirsiz aktivasyonlar olduğu gözlemlenmiştir. Addüksiyon (kapama) hareketinde ise Adductor Magnus kasında 125Hz ve altında aktivasyon gözlemlenmiştir.

S.Y.'nin spektrum grafikleri incelendiğinde diğer ampute hastalara göre ampute olan tarafta hareketleri daha düzgün ve normale yakın yaptığı gözlemlenmiştir. Sağlıklı bacakta dinlenme ve hareket arasında kaslarda kasılmalar olduğu gözlemlenip hareketleri tam olarak gerçekleştirmediği gözlemlenmiştir.

S.Y. Yürüme Analizi

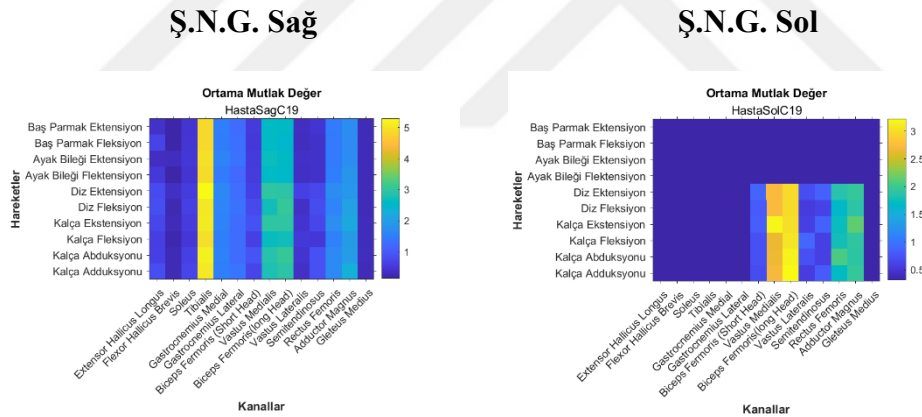




Şekil 4.46. S.Y. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi

S.Y.'nin değişen hızlarda yürüme analizinde sağ bacakta genel olarak sol bacağına göre daha fazla ve yüksek aktivasyon gözlemlenmiştir. Sağ bacakta artan hızlarda yürüme sırasında Extensor Hallucis Longus, Gastrocnemius Medial Head, Biceps Femoris (Short Head) ve Semitendinosus kaslarında adım önce çok fazla aktivasyon gözlemlenirken, adım sonrasında daha az aktivasyon gözlemlenmiştir. Soleus kasında adım öncesi düşük bir aktivasyon gözlemlenirken adım sonrası aktivasyonun yükseldiği gözlemlenmiştir. Sağ bacak ve sol bacakta kalan kas bölgesinin kas aktivasyonlarında bir benzerlik gözlemlenmemiştir.

4.3.2. Ş.N.G'nin analiz sonuçları



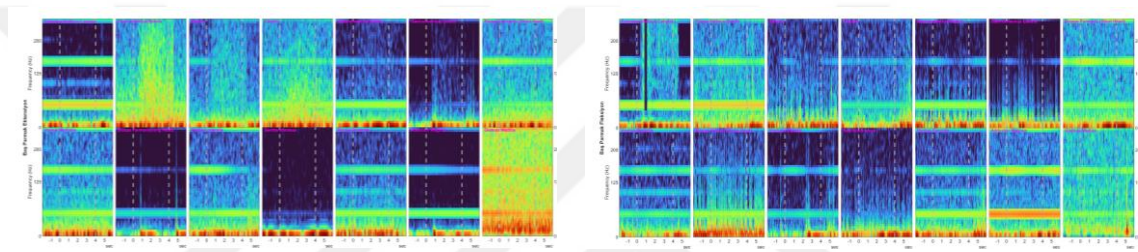
Şekil 4.47. Ş.N.G. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

Ş.N.G' nin (sol diz altı ampute) diz üstü kas gruplarında diz fleksiyon-ekstansiyon, kalça fleksiyon-ekstansiyon, kalça abduksiyon-addüksiyon hareketlerine karşılık gelen kas gruplarında sol bacağın sağ bacağına göre daha baskın olduğu görülmektedir. Bunu sebebi ampute olan sol tarafta hareketi gerçekleştirebilmek için buradaki kas gruplarını kompanze etmeleridir. Ayrıca hastanın kilosunun fazla olması (yağ dokusunun kalınlığı bu tip ölçümlerde elektrotun kas dokusuna olan uzaklığına etki eder) kas yüzeyine ulaşılmasını engellemesi de bunun bir sebebi olabilir. Kontrol grubu

ile Ş.N.G' nin kas aktivasyon haritaları karşılaştırıldığında sağ tarafta benzerlik olmadığı görülmektedir. Kontrol grubunda sol diz altı grubu kaslarında bir aktivasyon gözlemlenirken M.Y.i.'de olduğu gibi Ş.N.G' de sol üst kas gruplarında aktivasyon gözlemlenmektedir.

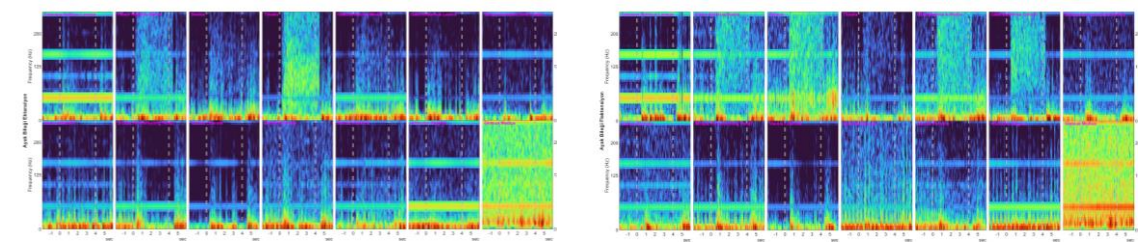
S.Y.'de olduğu gibi Ş.N.G.'de alt kas grubu hareketlerde (baş parmak fleksiyon-ekstansiyon, ayak bileği fleksiyon-ekstansiyon) sağlam olan bacakta aktif olması gereken Extensor Hallucis Longus, Flexor Hallucis Brevis ve soleus kaslarında aktivasyon gözlenmemiştir. Üst kas gruplarının yine bu alt kas grubu hareketlerinde özellikle Vastus Medialis ve Biceps Femoris Long Head kasının hareketi yaparken çok fazla aktivasyon gösterdiği gözlemlenmiştir. Yine S.Y.' de olduğu gibi ampute olan bacakta hareketleri gerçekleştirmek için diz altındaki kas eksikliğini diz üstündeki kas gruplarını daha fazla kullanarak hareketleri gerçekleştirmeye çalıştığı gözlemlenmiştir.

Ş.N.G. Spektrum Analizi



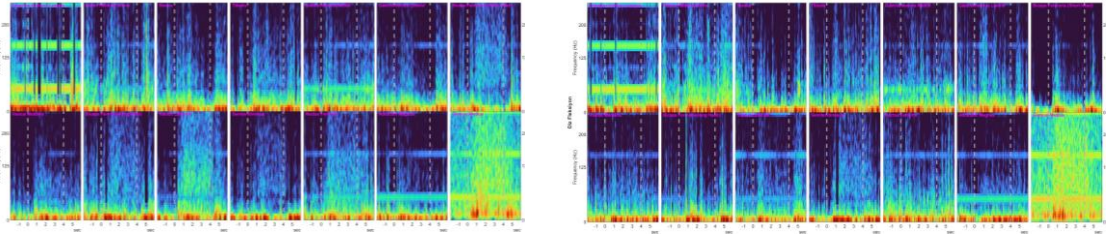
Şekil 4.48. Ş.N.G. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sağ ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Brevis kasında 125Hz altında aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, kasında düşük aktivasyon gözlemlenmiştir.



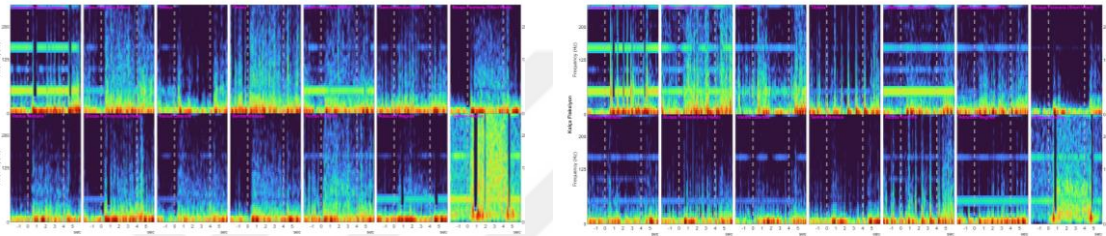
Şekil 4.49. Ş.N.G. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sağ ayak bileği ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Brevis ve Tibialis kaslarında aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Brevis, Soleus, Gastrocnemius Medial Head ve Gastrocnemius Lateral Head kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



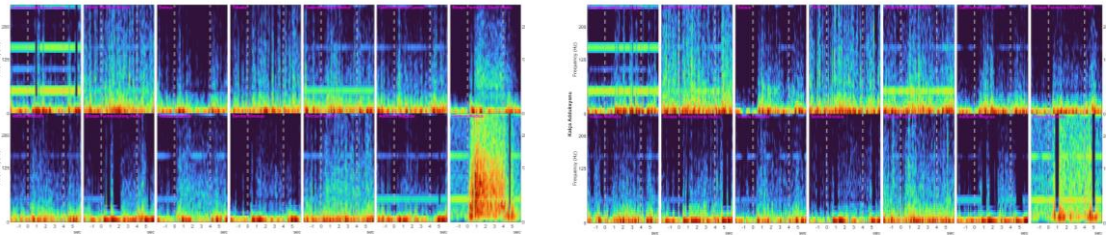
Şekil 4.50. Ş.N.G. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketlerinde kas gruplarında benzer düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



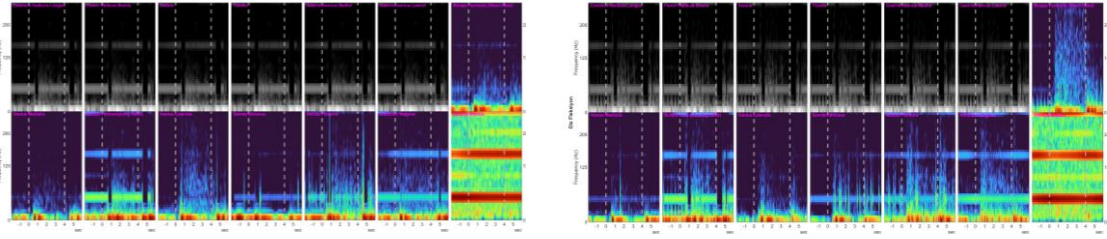
Şekil 4.51. Ş.N.G. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sağ kalça ekstansiyon hareketinde alt kas gruplarından hareketi gerçekleştirirken destek aldığı gözlemlenmiştir. Fleksiyon ve ekstansiyon hareketinde Gleteus Medius kasında aktivasyon gözlemlenmiştir.



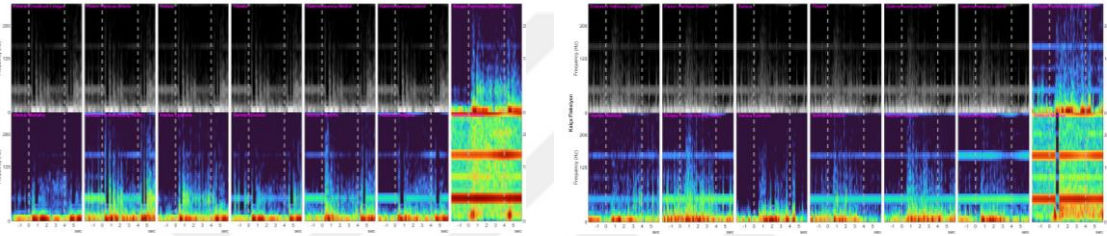
Şekil 4.52. Ş.N.G. sağ kalça abduksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sağ kalça abduksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Gleteus Medius ve Rectus Femoris kaslarında beklenen aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Bu hareketleri gerçekleştirirken alt kas gruplarından destek aldığı gözlemlenmiştir.



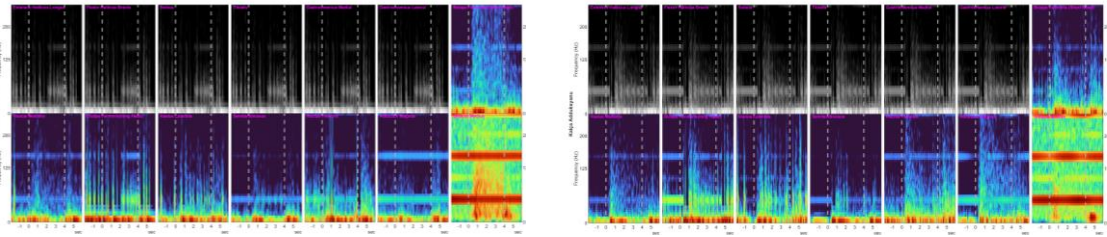
Şekil 4.53 Ş.N.G. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sol diz ekstansiyon hareketinde beklenen kas aktivasyonlarının oluşmadığı gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head kasında düşük de olsa aktivasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 4.54. Ş.N.G. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketlerinde üst kas gruplarında benzer düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



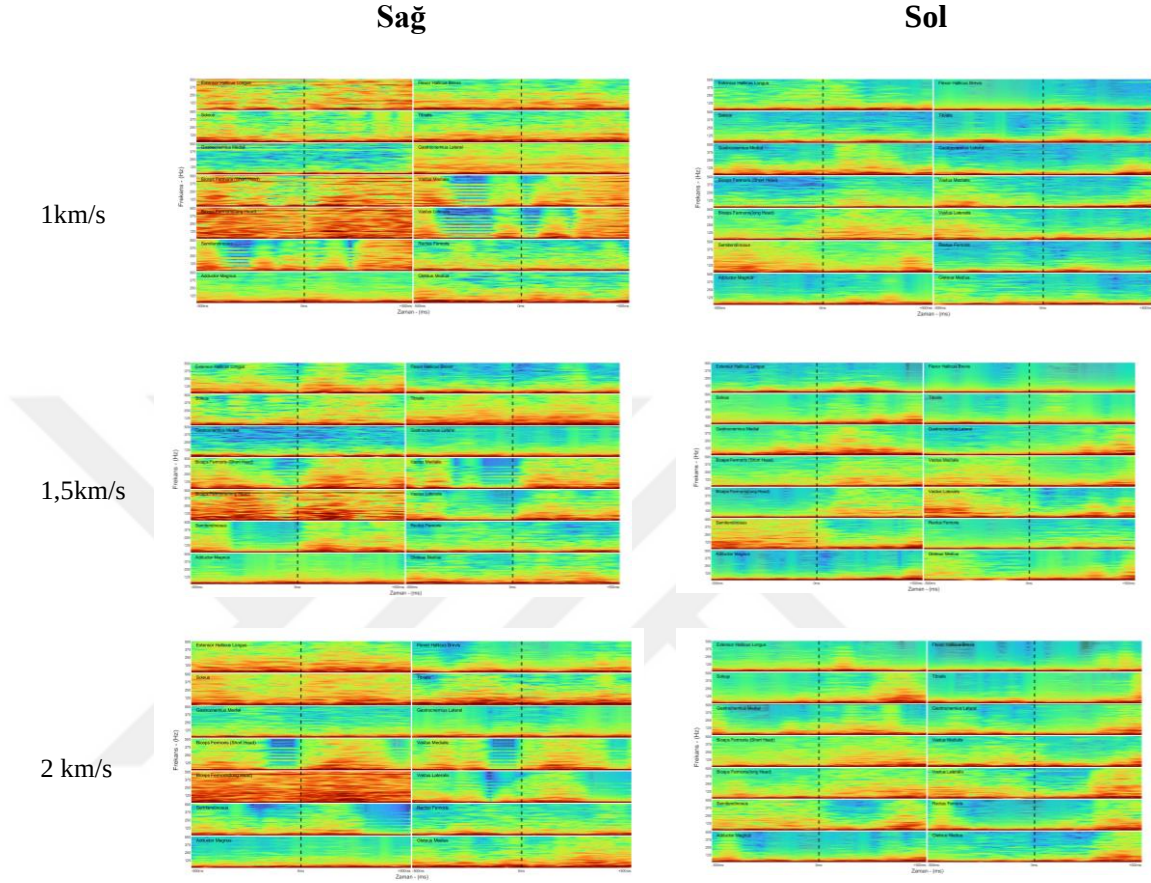
Şekil 4.55. Ş.N.G. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

Ş.N.G. sol kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde üst kas gruplarında düşük de olsa aktivasyonlar olduğu gözlemlenmiştir. Kalça abdüksiyon (açma) hareketinde 125Hz altında yüksek aktivasyonlar gözlemlenmiştir.

Ş.N.G.'nin sağlam olan bacakta motor hareketleri gerçekleştirirken kontrol grubu ile karşılaştırıldığı zaman Ş.N.G.'nin aktivasyonlarının kontrole göre düşük frekansta olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca kas aktivasyon haritalarında üst kas

gruplarında yüksek aktivasyon gözlemlenirken, spektrum grafiklerinde sonuç benzer çıkmamıştır.

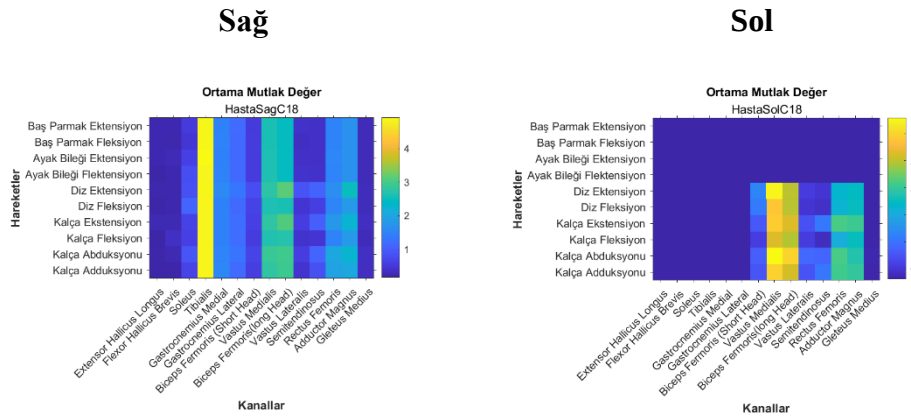
Ş.N.G. yürüme analizi



Şekil 4.56. Ş.N.G. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi

Ş.N.G'nin artan hızlarda yürüme analizinde diğer diz altı ampute hastası S.Y.'den farklı olarak Soleus kasını yürüme esnasında aktif olarak kullandığı gözlemlenmiştir. Ş.N.G.'nin yürüme sırasında alt kas gruplarını diğer hastalara göre daha iyi kullandığı ve üst kas gruplarının onlarda olduğu kadar aktif olmadığı da gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında Ş.N.G.'de hem alt hem de üst kas grubunda yürümeyi gerçekleştirebilmek için neredeyse tüm kasları aktivasyon gösterdiği gözlemlenmiştir.

4.3.3. M.F.Ş.'nin analiz sonuçları

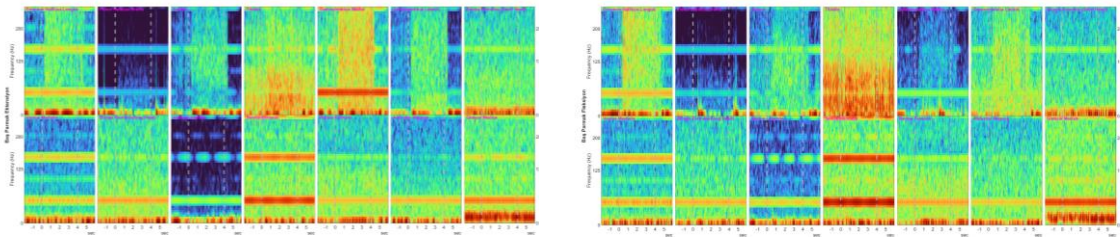


Şekil 4.57. M.F.Ş. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

M.F.Ş' nin (sol diz altı ampute) kas aktivasyon haritasında diz üstü kas gruplarında diz fleksiyon-ekstansiyon, kalça fleksiyon-ekstansiyon, kalça abdüksiyon-addüksiyon hareketlerine karşılık gelen kas gruplarında sol bacağın sağ bacağına göre daha baskın olduğu görülmektedir. Kontrol grubu ile M.F.Ş.'nin sonuçları karşılaştırıldığında genel olarak yapılan hareketlerde kontrol grubunda diz altı kas grupları aktifken M.F.Ş.'de diz üstü kas gruplarının daha aktif olduğu görülmektedir.

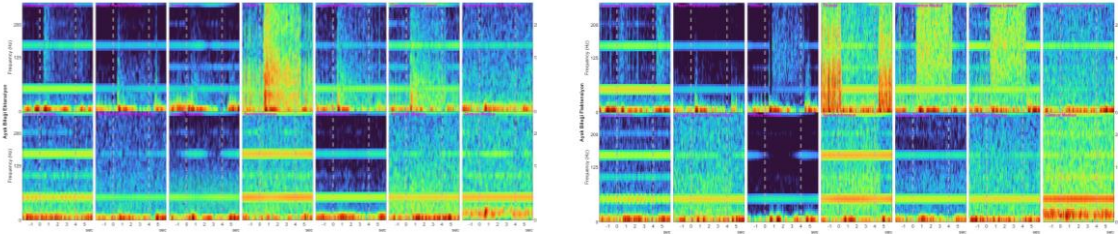
Özellikle diz altı kas grubu hareketlerinde diz üstü kaslardan yardım alarak hareketleri gerçekleştirmeye çalışmıştır. Ampute olan bacakta hareketleri gerçekleştirmek için diz altındaki kas eksikliğini diz üstündeki kas gruplarını daha fazla kullanarak hareketleri gerçekleştirmeye çalıştığı gözlemlenmiştir.

M.F.Ş. Spektrum Analizi



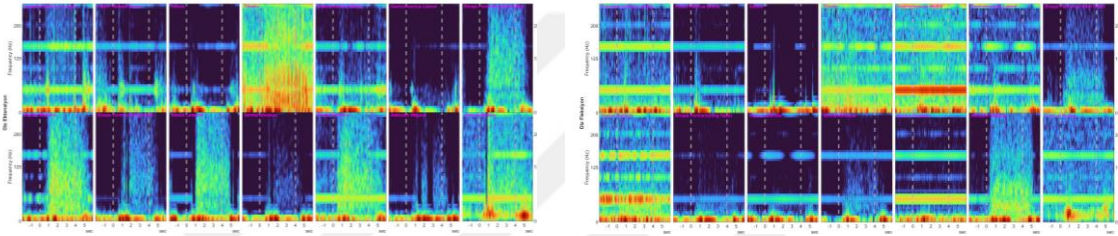
Şekil 4.58. M.F.Ş. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sağ ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Soleus, Gastrocnemius Medialis ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında 125Hz aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Soleus ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında düşük aktivasyon gözlemlenmiştir.



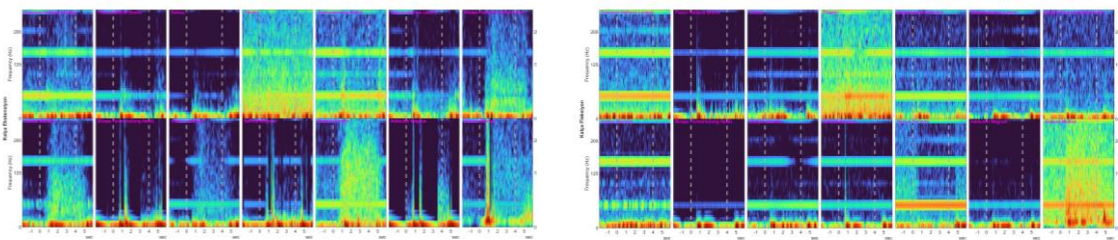
Şekil 4.59. M.F.Ş. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sağ ayak bileği ekstansiyon hareketinde Tibialis kasında 125Hz altında yüksek aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde Soleus, Gastrocnemius Medial Head ve Gastrocnemius Lateral Head kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



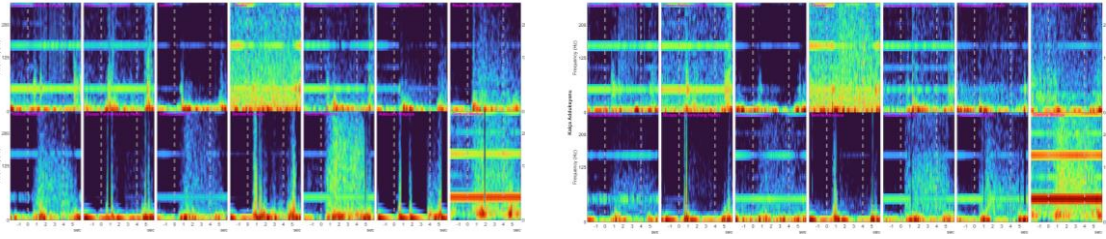
Şekil 4.60. M.F.Ş. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sağ diz ekstansiyon hareketinde Tibialis kasında 100Hz altında yüksek aktivasyon gözlemlenirken, Biceps Femoris Short Head, Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Adductor Magnus kasında aktivasyon gözlemlenmiştir.



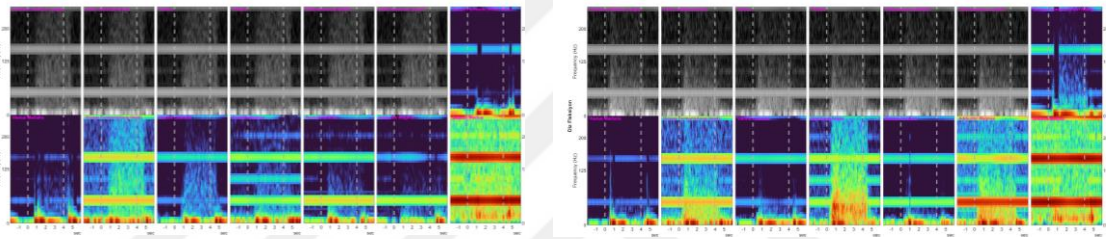
Şekil 4.61. M.F.Ş. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sağ kalça ekstansiyon hareketinde Biceps Femoris Short Head, Vastus Medialis ve Rectus Femoris kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Gluteus Medius kasında 100Hz altında yüksek aktivasyon gözlemlenmiştir.



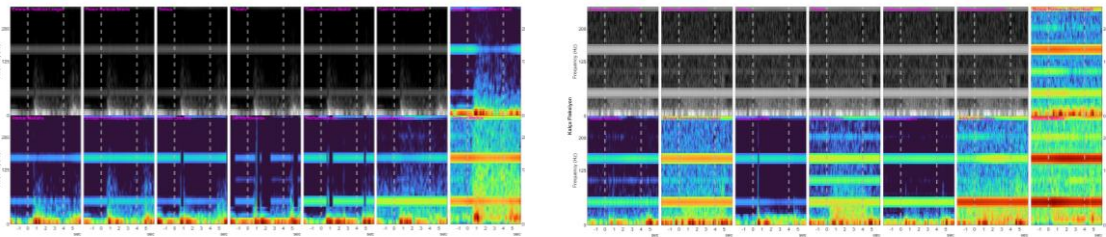
Şekil 4.62. M.F.Ş. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sağ kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Gleteus Medius ve Rectus Femoris kaslarında beklenen aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Bu hareketleri gerçekleştirirken alt kas gruplarından destek aldığı gözlemlenmiştir.



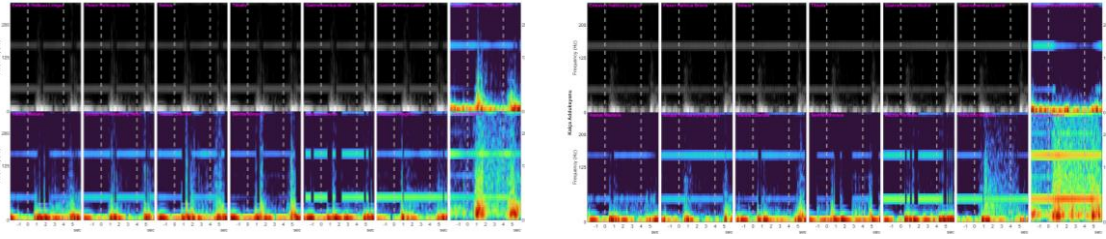
Şekil 4. 63. M.F.Ş. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sol diz ekstansiyon hareketinde Biceps Femris Long Head kasında düşük de olsa bir aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde ise Semitendinosus ve Adductor Magnus kaslarında 100Hz altında düşük de olsa aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.64. M.F.Ş. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketlerinde beklenen aktivasyon gözlemlenmezken, ekstansiyon hareketinde Gleteus Medius kasında düşük de olsa aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.



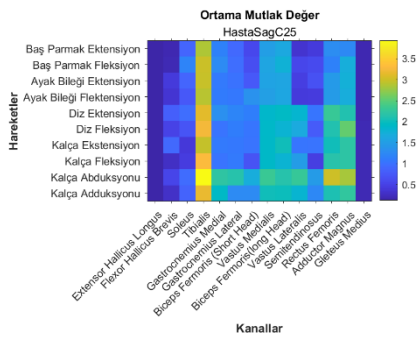
Şekil 4.65. M.F.Ş. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

M.F.Ş. sol kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Gleteus Medius kasında düşük aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.

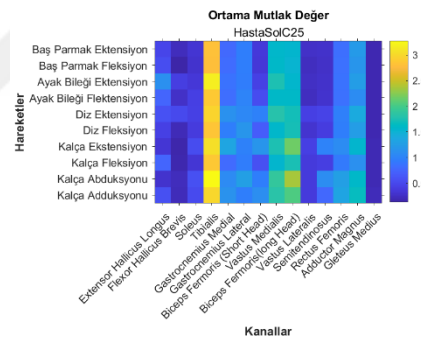
M.F.Ş.'nin spektrum analiz sonuçları kas aktivasyon sonuçları ile neredeyse benzer sonuçlar vermiştir. Spektrum analizlerinde de özellikle diz altı kas grubu hareketlerinde diz üstü kaslardan yardım alarak hareketleri gerçekleştirmeye çalışmıştır.

4.3.4. S.K'nın analiz sonuçları

S.K. Sağ



S.K. Sol



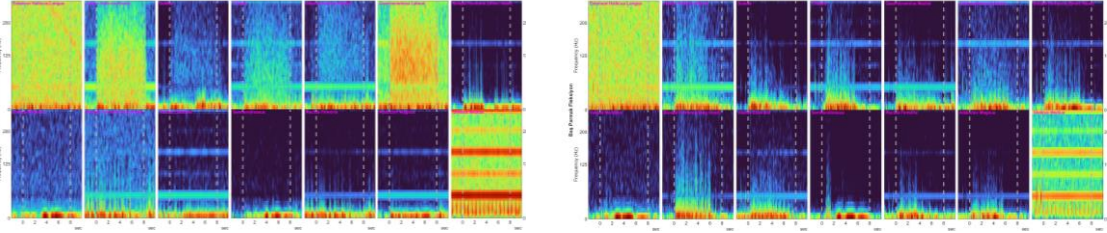
Şekil 4.66. S.K. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

S.K.'nın (sağ ayak parmak ampute) sağ ve sol kas aktivasyonları incelendiğinde kas aktivasyon haritalarında benzerlik olduğu görülmektedir. Kontrol ve S.K.'nın kas aktivasyonları karşılaştırıldığında diz üstü kas grubu hareketlerinde benzerlikler varken, diz altı kas gruplarında benzerlik görülmemektedir. Sağ bacakta Extensor Hallucis Longus kasında aktivasyon oluşmamasının sebebi ampute edilen kısmın üzerine baktan alınan doku ile yama yapıldığından o bölgedeki kas dokusuna erişilememiş olabilir. Diğer üst diz kas gruplarında benzerlik olmamasının sebebi sağ üst baktan doku alınması ve bu bölgenin deforme olmasından kaynaklanabilir.

S.K'nın ampute sağ tarafta hareketleri gerçekleştirirken üst kas gruplarında

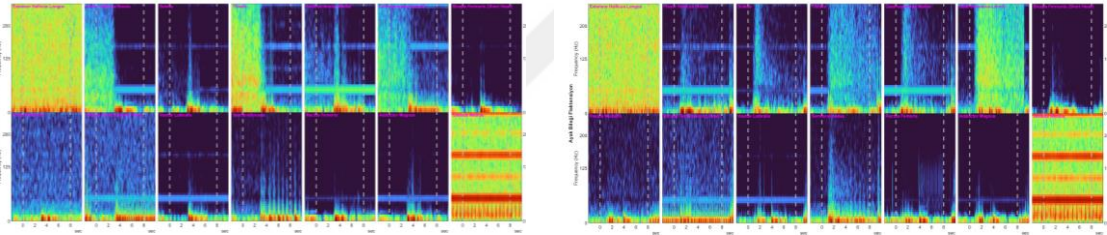
fazla aktivasyon meydana geldiği görülmüştür. Sol tarafta Vastus Lateralis kasında neredeyse hiç aktivasyon olmadığı gözlemlenmiştir. Bunun sebebi sol taraftan ampute olan tarafa yama yapılması için doku alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

S.K. spektrum analizi



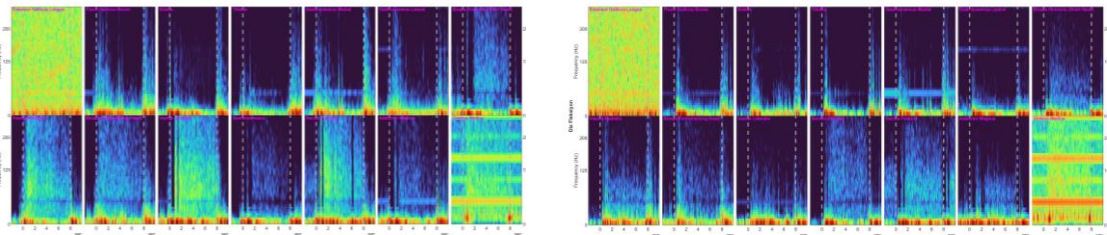
Şekil 4.67. S.K. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sağ ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus kasında 125Hz altında aktivasyon gözlemlenirken, Gastrocnemius Lateral Heat kasında 150Hz ve altında yüksek aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus kasında düşük aktivasyon gözlemlenmiştir.



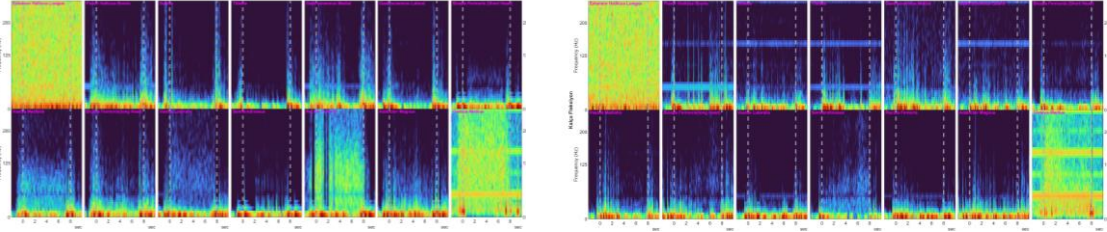
Şekil 4.68. S.K. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sağ ayak bileği ekstansiyon hareketini tam olarak gerçekleştiremediği spektrum grafiklerinden görülmektedir. Extensor Hallucis Brevis, Tibialis ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında dinlenme durumunda aktivasyonlar varken, hareket sırasında bu aktivasyonlar gözlemlenmemiştir. Fleksiyon hareketinde Tibialis ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



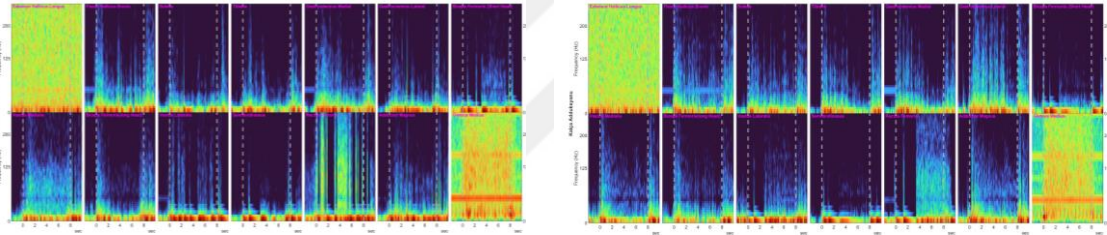
Şekil 4.69. S.K. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sağ diz ekstansiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head, Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarında düşük aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Rectus Femoris ve Semitendinosus kaslarında belli belirsiz aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



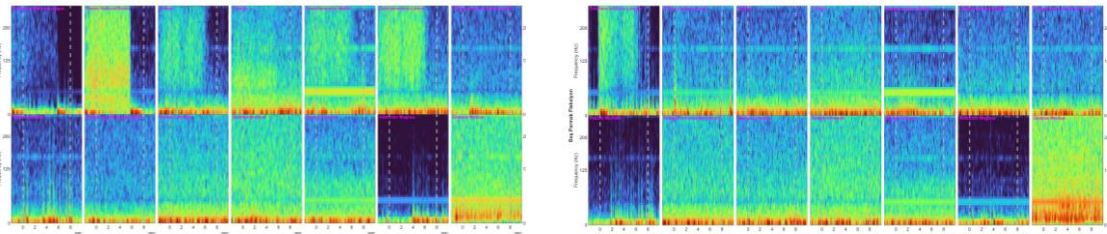
Şekil 4.70. S.K. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sağ kalça ekstansiyon hareketinde Rectus Femoris ve Gleteus Medius kaslarında aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde Gleteus Medius kasında aktivasyon gözlemlenmiştir.



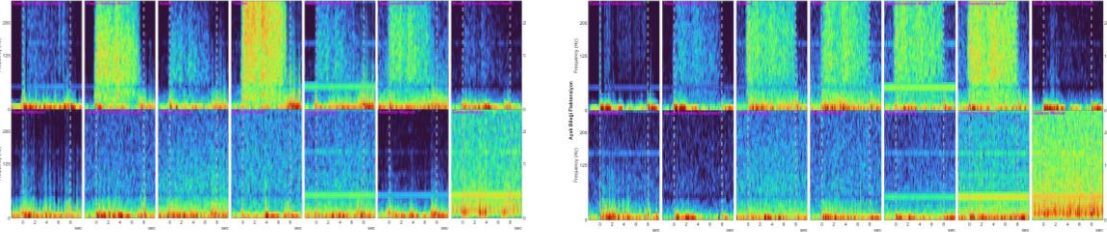
Şekil 4.71. S.K. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

S.K. sağ kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Gleteus Medius ve Rectus Femoris kaslarında beklenen aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Bu hareketleri gerçekleştirirken alt kas gruplarından az da olsa destek aldığı gözlemlenmiştir.



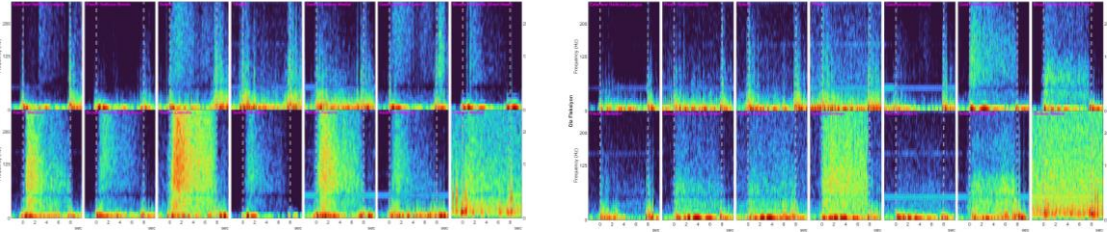
Şekil 4.72. S.K. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sol ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Bervis kasında aktivasyon gözlemlenirken diğer alt ve üst kas gruplarında da aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus kasında aktivasyon gözlemlen gözlemlenirken diğer alt ve üst kas gruplarında da aktivasyonlar gözlemlenmiştir.



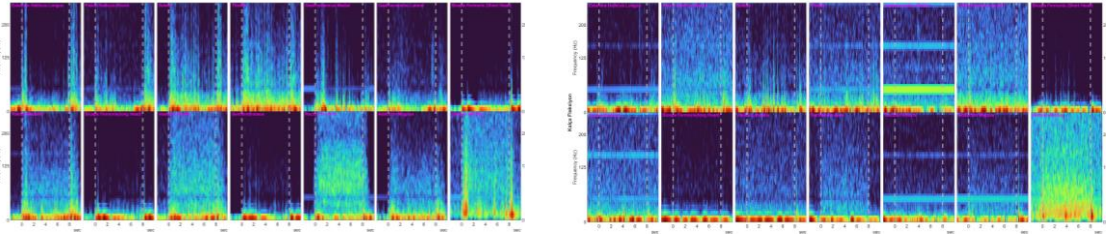
Şekil 4.73. S.K. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sol ayak bileği ekstansiyon hareketinde alt kas gruplarının hepsinde aktivasyon olduğu, Tibialis ve Extensor Hallucis Bervis kaslarında ise güçlü bir aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Soleus, Tibialis, Gastrocnemius Medial Head ve Gastrocnemius Lateral Head kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Üst kas gruplarında hem dinlenme hem de hareket durumlarında aktivasyon olduğu ve hareketi gerçekleştirirken üst kas gruplarından destek aldığı gözlemlenmiştir.



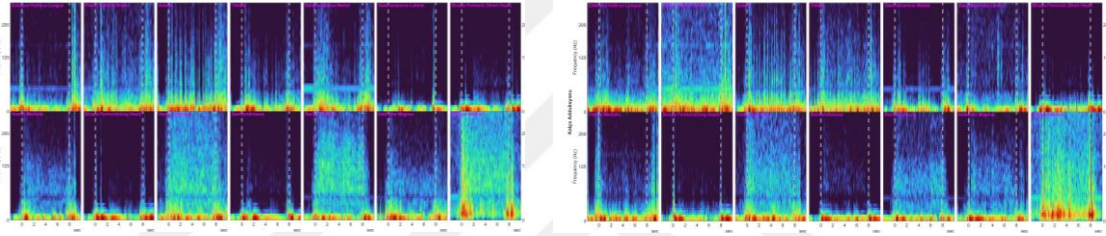
Şekil 4.74. S.K. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sol diz ekstansiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head, Vastus Medialis, Vastus Lateralis, Rectus Femoris ve Adductor Magnus kaslarında aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde ise Biceps Femoris Long Head, Vastus Lateralis, Semitendinosus ve Adductor Magnus kaslarında aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir. S.K. sol diz ekstansiyon ve fleksiyon hareketini gerçekleştirirken alt kas gruplarından destek aldığı görülmüştür.



Şekil 4.75. S.K. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

S.K. sol kalça ekstansiyon hareketinde Vastus Medialis, Vastus Lateralis, Rectus Femoris, Adductor Magnus ve Gleteus Medius kaslarında aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde hem dinlenme hem de hareket esnasında Gleteus Medius kasında aktivasyon gözlemlenmiştir.



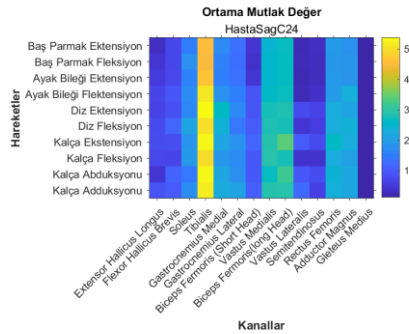
Şekil 4.76. S.K. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

S.K. sol kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Vastus Lateralis, Gleteus Medius ve Rectus Femoris kaslarında beklenen aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Bu hareketleri gerçekleştirirken alt kas gruplarından az da olsa destek aldığı gözlemlenmiştir.

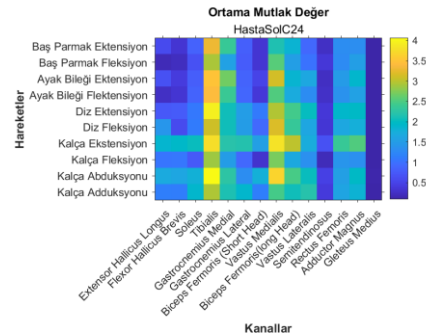
S.Y.'nin ampute olan tarafta kas aktivasyon haritalarında elde edilen sonuçlarla aynı sonuçlar bulunmuştur. Sağ ve sol taraflarında benzer sonuçlar bulunmamıştır. Sağ bacak hareketlerini gerçekleştirirken 10 harekette de Extensor Hallucis Longus ve Gleteus Medius kaslarının sürekli aktive olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca hasta hareketleri yaparken dinlenme durumunda da kasların kasılı halde kaldığı spektrum analizlerinde gözlemlenmiştir.

4.3.5. M.S.'nin analiz sonuçları

M.S. Sağ



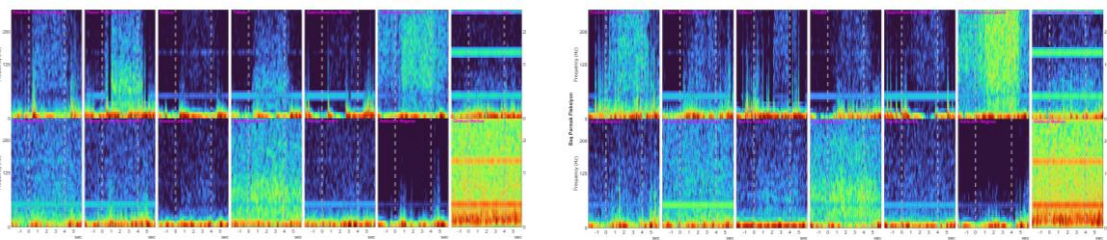
M.S. Sol



Şekil 4.77. M.S. ortalama mutlak değer için harekete karşılık gelen kas gruplarının aktivasyon haritaları

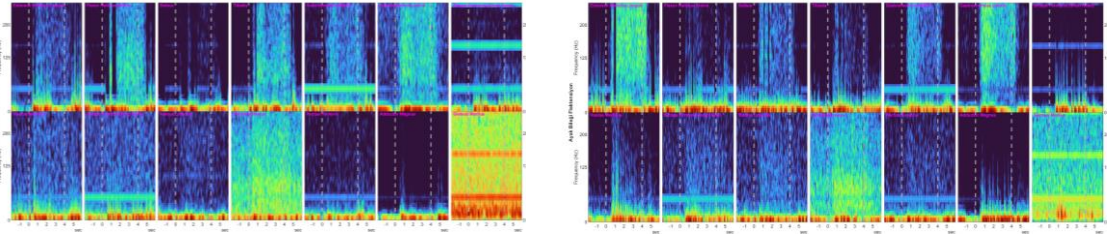
M.S.'nin (sol ayak parmak ampute) sağ-sol bacak aktivasyon haritaları birbirine tam olarak benzemediği gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ve M.S.'nin sağ bacak kas aktivasyonları karşılaştırıldığında kontrol grubundan farklı olarak M.S.'de diz üstü kas gruplarının hem sağ hem de sol tarafta daha aktif olduğu gözlemlenmiştir. Her iki bacakta hasta hareketi yapmaya çalıştığında kendini çok fazla kasmamasından dolayı aktivasyon yüksek çıkmış olabilir. Diğer ampute hastalarında olduğu gibi M.S.'de de alt kas grubu hareketlerinde üst kas gruplarından destek olarak hareketleri gerçekleştirmeye çalıştığı gözlemlenmiştir. Ayrıca sol tarafta hareketleri gerçekleştirirken Soleus ve Vastus Medialis kaslarının sürekli aktif olduğu gözlemlenmiştir.

M.S. Spektrum analizi



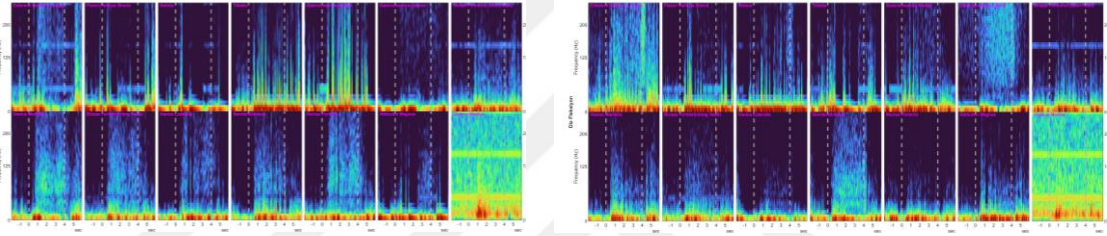
Şekil 4.78. M.S. sağ ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sağ ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Brevis, Tibialis ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında aktivasyon gözlemlenirken, fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus ve Gastrocnemius Lateral Heat kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



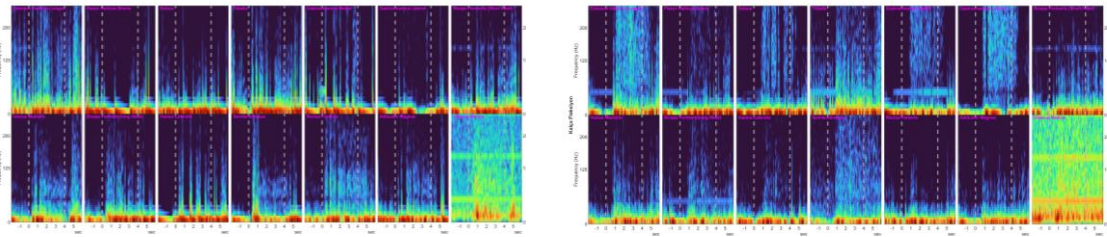
Şekil 4.79. M.S. sağ ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sağ ayak bileği ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Brevis, Tibialis, Gastrocnemius Lateral Head ve Gastrocnemius Lateral Head kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Tibialis ve Gastrocnemius Lateral Head kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



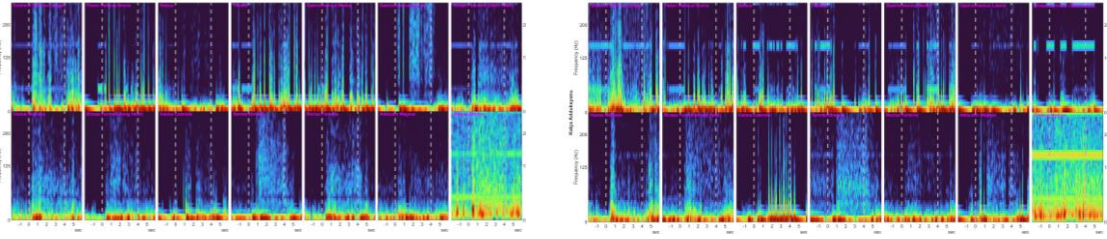
Şekil 4.80. M.S. sağ diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sağ diz ekstansiyon hareketinde Biceps Femoris Long Head, Vastus Medialis, Vastus Lateralis, Semitendinosus ve Rectus Femoris kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde ise Semitendinosus kasında düşük aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.



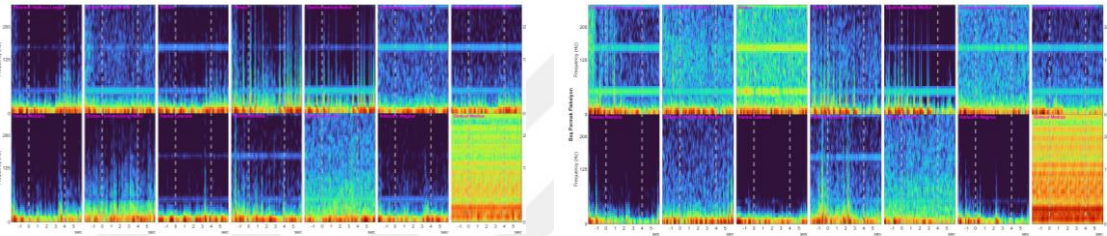
Şekil 4.81 M.S. sağ kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sağ kalça ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerini tam olarak gerçekleştiremediği ve hareket esnasında üst kas gruplarında belli belirsiz aktivasyonlar olduğu gözlemlenmiştir.



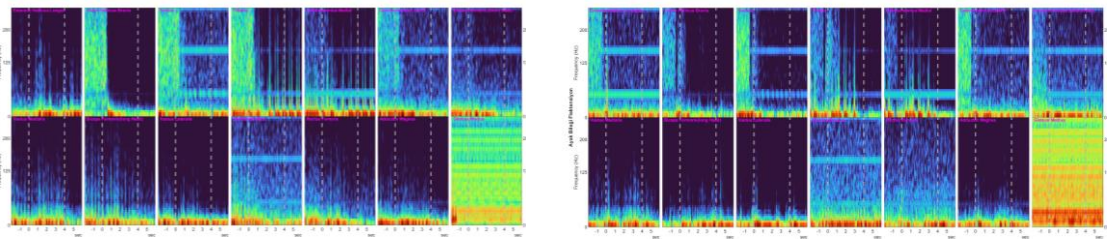
Şekil 4.82. M.S. sağ kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

M.S. sağ kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Gleteus Medius ve Rectus Femoris kaslarında beklenen aktivasyonlar gözlemlenmemiştir. Bu hareketleri gerçekleştirirken üst kas gruplarında az da olsa aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.



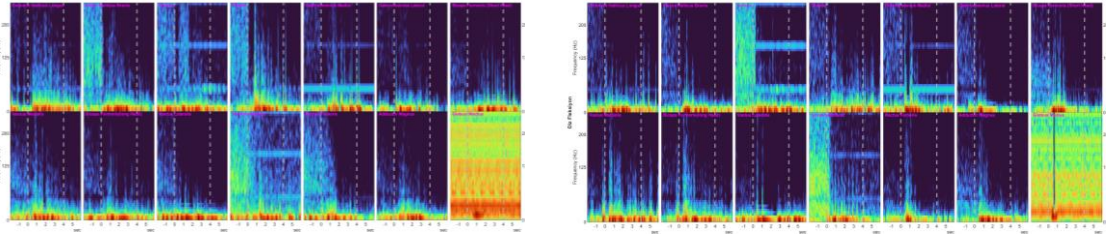
Şekil 4.83. M.S. sol ayak parmak ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sol ayak parmak ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerini ampute olduğundan gerçekleştiremediği spektrum grafiğinde gözlemlenmiştir.



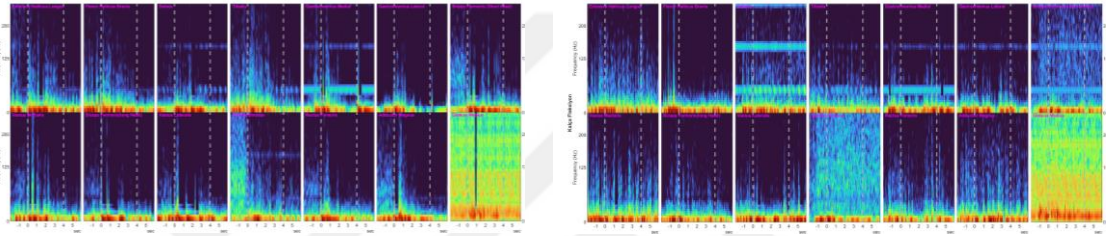
Şekil 4.84. M.S. sol ayak bileği ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sol ayak bileği ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Brevis, Solues, Tibialis ve Gastrocnemious Lateral Heat aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Tibialis ve Gastrocnemious Lateral Heat kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir.



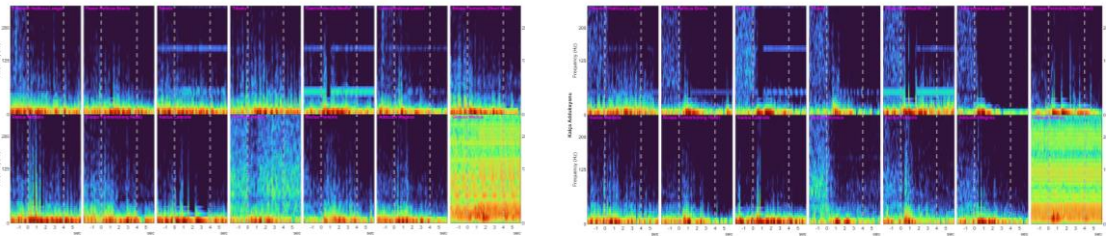
Şekil 4.85. M.S. sol diz ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sol diz ekstansiyon hareketinde Semitendinosus ve Rectus Femoris kaslarında aktivasyon gözlemlenmiştir. Fleksiyon hareketinde ise Semitendinosus kasında düşük aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 4.86. M.S. sol kalça ekstansiyon-fleksiyon hareketi spektrum grafiği

M.S. sol kalça ekstansiyon ve fleksiyon hareketlerini tam olarak gerçekleştiremediği ve hareket esnasında üst kas gruplarında belli belirsiz aktivasyonlar olduğu gözlemlenmiştir.

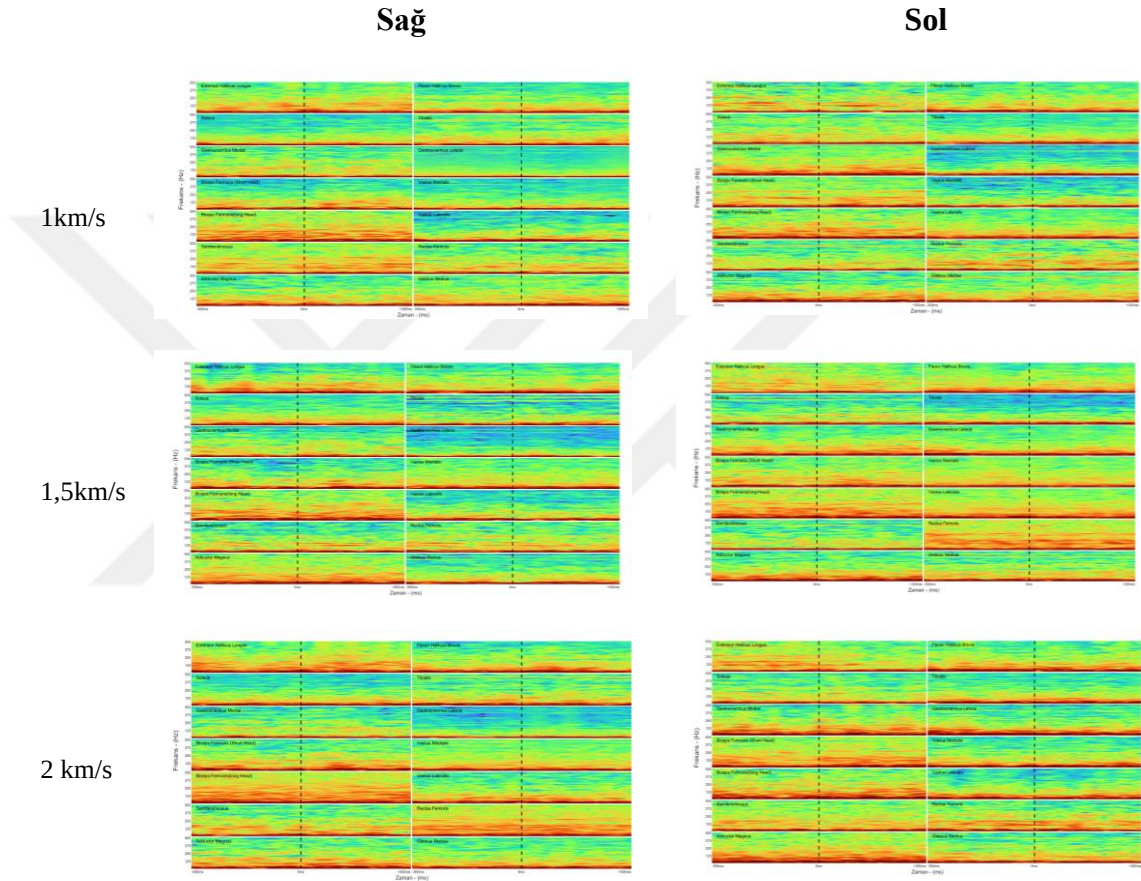


Şekil 4.87. M.S. sol kalça abdüksiyon(açma)-addüksiyon(kapama) hareketi spektrum grafiği

M.S. sol kalça abdüksiyon (açma) ve addüksiyon (kapama) hareketlerinde Gleteus Medius kasında hem dinlenme hem de hareket esnasında aktivasyon gözlemlenmiş ve M.S.'nin hareketi gerçekleştiremediği gözlemlenmiştir. Bu hareketleri gerçekleştirirken üst kas gruplarında az da olsa aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir.

M.S.'nin spekturum analizleri sonucunda sağ ve sol bacak arasında hareketler arasında alt bacak hareketlerinde çok benzer aktivasyon olmadığı, üst bacak hareketlerinde ise benzer aktivasyonlar olduğu görülmektedir. Sağ bacakta hareketleri gerçekleştirirken beklenen kaslarda aktivasyon olduğu görülürken, sol bacakta alt bacak hareketlerini tam olarak gerçekleştiremediği görülmüştür. Gluteus Medius kasını spektrum grafiklerinde her harekette aktif olduğu, kas aktivasyon haritalarında ise bu hiçbir harekette aktif olmadığı gözlemlenmiştir.

M.S Yürüme Analizi



Şekil 4.88. M.S. sağ- sol bacak 1 km/s, 1,5 km/s, 2 km/s hızda yürüme analizi

M.S.'nin farklı hızlarda yürüme bulgularında, yürüme sırasında sağ ve sol bacakta aktivasyonların neredeyse simetrik olduğu gözlemlenmiştir. Artan hızlarda kas aktivasyonlarında bir artış gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise hem alt hem de üst kas gruplarında M.S.'nin kas aktivasyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.4. İstatistiksel Sonuçlar

Çizelge 4.2. Harekete karşılık gelen aktif kasların istatistiksel karşılaştırmaları

Motor Hareketler	Aktif Olması Gereken Kaslar	Kontrol-Ampute P değeri		Kontrol-Replant P değeri	
		Sağ	Sol	Sağ	Sol
1- Ayak parmak ekstansiyon	Extensor Hallucis Longus	0,01	0,008	0,037	0,025
2- Ayak parmak fleksiyon	Flexor Hallucis Brevis	0,541	0,005	0,823	0,881
3- Ayak bileği ekstansiyon	Extensor Hallucis Longus	0,013	0,003	0,881	0,074
	Tibialis Anterior	0,001	0,511	0,101	0,052
	Gastrocnemius Medial Head	0,005	0,358	0,411	0,073
4- Ayak bileği fleksiyon	Gastrocnemius Lateral Head	0,013	0,358	0,052	0,136
	Soleus	0,485	0,032	0,655	0,412
5- Diz ekstansiyon	Vastus Medialis	0,021	0,04	0,551	0,233
	Vastus Lateralis	0,57	0,106	0,101	0,101
	Rectus Femoris	0,049	0,089	0,296	0,766
6- Diz fleksiyon	Biceps Femoris (Short Head)	0,88	0,896	0,296	0,263
	Biceps Femoris (Long Head)	0,005	0,01	0,053	0,602
	Vastus Intermedius (Semitendinosus)	0,793	0,827	0,297	0,233
7- Kalça ekstansiyon	Vastus Intermedius (Semitendinosus)	0,359	0,008	0,551	0,053
8- Kalça fleksiyon	Biceps Femoris (Short Head)	0,05	0,485	0,766	0,551
	Biceps Femoris (Long Head)	0,002	0,001	0,18	0,025
	Rectus Femoris	0,005	0,004	0,052	0,1
9- Kalça abduksiyon (açma)	Adductor Magnus	0,315	0,827	0,881	0,655
	Gluteus Medius	0,032	0,01	0,154	0,037
10- Kalça addüksiyon (kapama)	Adductor Magnus	0,007	0,009	0,881	0,036

Çalışmadan elde edilen bulguların istatistik analizleri için SPSS 23 (SPSS Inc. PASW Statistics for Windows, Version 23.0. Chicago: SPSS Inc.) programı kullanıldı. Çalışmaya katılan hasta sayısı 10'dan küçük olduğundan sürekli değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu kontrol edilmeden non-parametrik testler ile analiz edildi. Parametrik test varsayımları sağlanmadığından gruplar arasındaki farklılığı tespit etmek için "Mann-Whitney U" testi kullanıldı. Aynı grup için yapılan analizler Wilcoxon Sign Rank Test ile yapılmıştır. Analizlerde farklılıkların belirlenmesi için %95 anlamlılık düzeyi (ya da $\alpha=0.05$ hata payı) kullanılmıştır.

Verilen Çizelge 4.2.'de literatürden alınan harekete karşılık gelen kas grupları belirlenip bu kas gruplarında hasta ve kontrol gruplarının istatistiksel olarak karşılaştırmaları verilmiştir (Zafeiriou 2002).

Ayak parmak ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus kasının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasın aktive oluşu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu- ampute ve kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında Çizelge 4.2.' de verilen p değerleri $a=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Yani baş parmak ekstansiyon hareketini ampute ve replant hastaları gerçekleştirememiştir.

Ayak parmak fleksiyon hareketinde Flexor Hallucis Brevis kasının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasın aktive oluşu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu- ampute hasta sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $a=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu- ampute sağ bacak ve kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $a=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yani replant grubu ve hasta grubu (sağ bacak) Ayak parmak fleksiyon hareketini gerçekleştirebilmiştir.

Ayak bileği ekstansiyon hareketinde Extensor Hallucis Longus, Tibialis Anterior ve Gastrocnemius Medial Head kaslarının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu- ampute hasta sağ bacak karşılaştırılmasında p değeri $a=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $a=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yani replant grubu ve ayak bileği ekstansiyon hareketini gerçekleştirebilmiştir.

Ayak bileği fleksiyon hareketinde Gastrocnemius Lateral Head ve Soleus kaslarının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Gastrocnemius Lateral Head kasında kontrol grubu- ampute hasta sağ bacak karşılaştırılmasında p değeri $a=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Soleus kasında kontrol grubu- ampute hasta sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $a=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit

edilmiştir. Kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $\alpha=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yani replant grubu ve ayak bileği ekstansiyon hareketini gerçekleştirebilmiştir.

Diz ekstansiyon hareketinde Vastus Medialis, Vastus Lateralis ve Rectus Femoris kaslarının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Vastus Medialis kasında kontrol grubu- ampute hasta sağ-sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Vastus Lateralis kasında kontrol grubu- ampute ve kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $\alpha=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yani replant grubu ve ayak bileği ekstansiyon hareketini gerçekleştirebilmiştir. Rectus Femoris kasında kontrol grubu- ampute hasta sağ bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Diz fleksiyon hareketinde Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head ve Semitendinosus kaslarının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Biceps Femoris Short Head ve Semitendinosus kaslarında kontrol grubu- ampute ve kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $\alpha=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Biceps Femoris Long Head kasında kontrol grubu- ampute hasta sağ-sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Kalça ekstansiyon hareketinde Semitendinosus kasının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu- ampute hasta sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir. Kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $\alpha=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yani replant grubu ve ayak bileği ekstansiyon hareketini gerçekleştirebilmiştir.

Kalça fleksiyon hareketinde Biceps Femoris Short Head, Biceps Femoris Long Head ve Rectus Femoris kaslarının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Biceps Femoris Long Head ve Rectus Femoris kaslarında kontrol grubu- ampute hasta sağ-sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Kalça abduksiyon (açma) hareketinde Adductor Magnus ve Gluteus Medius kaslarının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Adductor Magnus kasında kontrol-replant sağ-sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında p değerleri $\alpha=0,05$ 'ten büyük olduğundan istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Yani replant grubu ve ayak bileği ekstansiyon hareketini

gerçekleştirebilmiştir. Gluteus Medius kasında kontrol grubu- ampute hasta sağ-sol bacak ve kontrol-replant sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.

Kalça addüksiyon (kapama) hareketinde Adductor Magnus kasının aktive olması beklenmektedir. Kontrol grubunda kas aktivasyon haritalarında ve spektrum grafiklerinde bu kasların aktive oluşu gözlemlenmiştir. Adductor Magnus kasında kontrol grubu- ampute hasta sağ-sol bacak ve kontrol-replant sol bacak karşılaştırılmasında p değeri $\alpha=0,05$ 'ten küçük olduğundan istatistiksel olarak bir farklılık olduğu tespit edilmiştir.



5. SONUÇLAR

Tez çalışmasından elde edilen bulgular sonucunda, alt ekstremité ampute ve replant hastalarının motor hareketleri yaparken bazı elektrot bölgelerinde sağlıklı bireylerde bulunmayan kasılmalar gözlenmiş ve bunun sebebi olarak bireyin hareketi tam olarak yapamayıp kasılmayı başka yönlere kaydırması olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak yapılan karşılaştırmalarda hem sağ hem de sol bacakta kontrol grubunun aktivasyon haritaları simetrik iken, ampute ve replant hastalarında diz üstü kas gruplarında daha fazla aktivasyon göstermekte olduğu gözlemlenmiştir.

Kontrol grubu, replant ve ampute hasta gruplarında yaptırılan motor hareketlerde Gleteus Medius kasında aktivasyon olmadığı gözlemlenmiştir.

Kontrol grubunda tüm hareketlerde genel olarak Soleus kasının kompanze olduğu gözlemlenirken replant ve ampute hastalarında Tibialis kasının hareketlerde kompanze olduğu gözlemlenmiştir.

Protez kullanan ampute hastaları hareketleri gerçekleştirebilmek için diz altındaki uzuv eksikliğinden dolayı diz üzerindeki kasları daha fazla kullanarak hareketleri gerçekleştirmeye çalıştıkları gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmaya dahil olan protez kullanan hastalar Ş.N.G. ve S.Y.'nin kas aktivasyon haritalarının her iki bacakta da benzer olduğu gözlemlenmiştir.

Ampute hastaların 10 motor hareketi gerçekleştirirken hem sağ hem de sol bacakta Vastus Medialis ve Biceps Femoris Long Head kaslarının hep aktif olduğu gözlemlenmiştir.

Kontrol grubunda alt kas grubu hareketlerinde (ayak parmak fleksiyon-ekstansiyon, ayak bileği fleksiyon-ekstansiyon) üst kas grupları daha az aktivasyona dahil olurken, ampute ve replant hastalarında bu hareketlerde üst kas grupları aktivasyona daha çok dahil olma eğilimi göstermektedir. Bunun nedeni, kişilerin bilek kısımlarının replant olması ya da ampute olması, almış olduğu rehabilitasyon süreci, yürüme ya da ayağının üzerine yanlış basma gibi etkenlerin sebep olabileceği düşünülmektedir.

Kontrol grubu 10 hareketi yaparken üst kas grubu hareketlerini yaparken alt kas gruplarından (özellikle Tibialis ve Soleus) hareketi gerçekleştirirken destek aldıkları gözlemlenmiştir. Bu spektrum grafiklerinin sonuçları oluşturulan kas aktivasyon bulguları ile benzer bulgular vermiştir.

Yürüme analizi sonuçlarında kontrol grubu değişen hızlarda yürüme analizi sonucunda sağ ve sol tarafta benzer frekanslarda benzer aktivasyonlar gözlemlenmiştir. Ayrıca yürüme hızı arttıkça kas aktivasyonlarının gücünün ve frekansının da gözlemlenmiştir.

H.Y.'nin kontrol grubundan farklı olarak yürüme sırasında da motor hareketler de olduğu gibi üst kas gruplarının alt kas gruplarına göre daha fazla aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca H.Y.'nin sağ ve sol bacak yürüme analizleri karşılaştırıldığında

hemen hemen benzer bir kas aktivasyonu olduğu görülmektedir.

M.Y.İ.'nin sağ replant olmasına rağmen farklı yürüme hızlarında Soleus kasında 450Hz üzeri aktivasyon gözlemlenirken kontrol grubunda ve kendi sol bacağına 125Hz altında aktivasyon olduğu gözlemlenmiştir. Sağ ve sol bacak değişen hızlarda yürüme analizi sonucunda çok benzer bir aktivasyon gözlemlenmemiştir. M.Y.İ.'de diğer replant hastasında olduğu gibi (Soleus kası hariç) üst kas grupları yürüme esnasında da motor hareketlerde olduğu gibi daha fazla aktive olmuştur.

S.Y.'nin değişen hızlarda yürüme analizinde sağ bacakta genel olarak sol bacağına göre daha fazla ve yüksek aktivasyon gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında S.Y.'nin yürümede sağlam olan bacakta neredeyse tüm kaslarını kompanse ederek yürüme gerçekleştirmeye çalıştığı gözlemlenmiştir.

Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında Ş.N.G.'de hem alt hem de üst kas grubunda yürümeyi gerçekleştirebilmek için neredeyse tüm kasları aktivasyon gösterdiği gözlemlenmiştir. Ş.N.G.'nin artan hızlarda yürüme analizinde diğer diz altı ampute hastası S.Y.'den farklı olarak Soleus kasını yürüme esnasında aktif olarak kullandığı gözlemlenmiştir.

M.S.'nin farklı hızlarda yürüme bulgularında, yürüme sırasında sağ ve sol bacakta aktivasyonların neredeyse simetrik olduğu gözlemlenmiştir. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında ise hem alt hem de üst kas gruplarında M.S.'nin kas aktivasyonunun daha yüksek olduğu görülmektedir.

İstatistiksel analiz sonuçlarında kontrol grubu ve hasta gruplarının kas aktivasyonları arasında farklılık gözlemlenmiştir. Kontrol grubunun sağ ve sol bacak istatistiksel karşılaştırmasında herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir. Bu bulguların kontrol grubu kas aktivasyonlarının simetrik olduğunu gösterir niteliktedir.

6. KAYNAKLAR

- Abbaspour, S., Lindén, M., Gholamhosseini, H., Naber, A. and Ortiz-Catalan, M. 2020. Evaluation of surface emg-based recognition algorithms for decoding hand movements. *Medical & biological engineering & computing*, 58 (1): 83-100.
- Alkan, A. and Günay, M. 2012. Identification of emg signals using discriminant analysis and svm classifier. *Expert Systems with Applications*, 39 (1): 44-47.
- Alsancak, S. 2000. Ortez ve protez tarihçesi. *Ankara Üniversitesi Dikimevi sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Yılığ* 1:33.
- Andrews 1996. Rehabilitation in limb deficiency 3. The geriatric amputee. *American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation*, 77: 17.
- Arjunan, S.P. and Kumar, D.K. 2010. Decoding subtle forearm flexions using fractal features of surface electromyogram from single and multiple sensors. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 7 (1): 53.
- Azlan Abu, M., Rosleesham, S., Zubir Suboh, M., Md Yid, M.S., Kornain, Z. and Fauzani Jamaluddin, N. 2020. Classification of emg signal for multiple hand gestures based on neural network. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 17 (1).
- Basmajian, J.V. and Luca, C.J. 1985. Muscles alive : Their functions revealed by electromyography. Williams & Wilkins, Baltimore.
- Berger, N., ve Fishman, S. 1997. Biomechanics of the Transfemoral Prosthesis, Lower-Limb Prosthetics. *Prosthetics-Orthotics Publications*, NewYork, 69–78.
- Calabro, R.S., Cacciola, A., Berte, F., Manuli, A., Leo, A., Bramanti, A., Naro, A., Milardi, D. and Bramanti, P. 2016. Robotic gait rehabilitation and substitution devices in neurological disorders: Where are we now? *Neurol Sci*, 37 (4): 503-514.
- Chattamvelli, R. and Shanmugam, R. 2019. Generating functions in engineering and the applied sciences. Springer Cham, s.
- Clancy, E.A., E.L., M. and Merletti, R. 2002. Sampling, noise-reduction and amplitude estimation issues in surface electromyography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 12: 1-16.
- Conforto, S., D'alessio, T. and Pignatelli, S. 1999. Optimal rejection of movement artefacts from myoelectric signals by means of a wavelet filtering procedure. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 9: 57.
- Damanik, I.S., Windarto, A.P., Wanto, A., Poningsih, Andani, S.R. and Saputra, W. 2019. Decision tree optimization in c4.5 algorithm using genetic algorithm. *The International Conference on Computer Science and Applied Mathematic*, 1255:
- Daud, W.M.B.W., Yahya, A.B., Horng, C.S., Sulaima, M.F. and Sudirman, R. 2013. Features extraction of electromyography signals in time domain on biceps

- brachii muscle. *International Journal of Modeling and Optimization*, 10.7763/ijmo.2013.V3.332: 515-519.
- De Luca, C.J., Gilmore, L.D., Kuznetsov, M. and Roy, S.H. 2010. Filtering the surface emg signal: Movement artifact and baseline noise contamination. *J Biomech*, 43 (8): 1573-1579.
- Esquenazi, A. and Digiacomo, R. 2001. Rehabilitation after amputation. *J Am Podiatr Med Assoc*, 91: 22.
- Esquenazi, A. 2004. Amputation rehabilitation and prosthetic restoration. From surgery to community reintegration. *Disabil Rehabil*, 26 (14-15): 831-836.
- Farina, D. and Negro, F. 2012. Accessing the neural drive to muscle and translation to neurorehabilitation technologies. *IEEE Rev Biomed Eng*, 5: 3-14.
- Frieden, R.A. 2005. The geriatric amputee. *Phys Med Rehabil Clin N Am*, 16 (1): 179-195.
- Gavankar, S.S. and Sawarkar, S.D. 2017. Eager decision tree. *2nd International Conference for Convergence in Technology (I2CT)*, doi: 10.1109/I2CT.2017.8226246.: 840.
- Gayle, L., Lineaweaver, W., Buncke, G., Oliva, A., Alpert, B., Billys, J. and Buncke, H. 1991. Lower extremity replantation. *Clinics in Plastic Surgery*, 18: 447.
- Horgan, O. and Maclachlan, M. 2004. Psychosocial adjustment to lower-limb amputation: A review. *Disabil Rehabil*, 26 (14-15): 837-850.
- Hudgins, B., Parker, P. and Scott, R.N. 1993. A new strategy for multifunction myoelectric control. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 40 (1): 82-94.
- Huigen, E., Peper, A. and Grimbergen, C.A. 2002. Investigation into the origin of the noise of surface electrodes. *Med. Biol. Eng. Comput.*, 40: 338.
- Jiang, L., Cai, Z., Wang, D. and Jiang, S. 2023. Survey of improving k-nearest-neighbor for classification. *IEEE*, 10.1109/FSKD.2007.552:
- Kay, W.H. and Newman, J.D. 1975. Relative incidences of new amputations statistical comparison of 6000 new amputees. *Orthotics and Prosthetics*, 29: 16.
- Kermani, Z.M., Wheeler, B.C., Badie, K. and Hashemi, R.M. 1995. Emg feature evaluation for movement control of upper extremity prostheses. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, 3(4): 324-333.
- Kim, K.S., Choi, H.H., Moon, C.S. and Mun, C.W. 2011. Comparison of k-nearest neighbor, quadratic discriminant and linear discriminant analysis in classification of electromyogram signals based on the wrist-motion directions. *Current applied physics*, 11 (3): 740-745.

- Kumar, D.K., Ma, N. and Burton, P. 2001. Classification of dynamic multi-channel electromyography by neural network. *Electromyography and Clinical Neurophysiology*, 41(7): 401-408.
- Lakoumentas, J., Drakos, J., Karakantza, M., Sakellaropoulos, G., Megalooikonomou, V. and Nikiforidis, G. 2012. Optimizations of the naive-bayes classifier for the prognosis of b-chronic lymphocytic leukemia incorporating flow cytometry data. *Comput Methods Programs Biomed*, 108 (1): 158-167.
- Lezak, B.A. and Summers, S. 2019. Anatomy, bony pelvis and lower limb, extensor hallucis longus muscle. StatPearls, s.
- Luca, C.J. 1988. Electromyography. Encyclopaedia of medical devices and instrumentation. Wiley, New York.
- Merletti, R. and Luca, C.J. 1989. New techniques in surface electromyography. In: Desmedt j.E. (ed.) computer aided electromyography and expert systems. Elsevier, Amsterdam,: 115-124.
- Micera, S., Carpaneto, J. and Raspopovic, S. 2010. Control of hand prostheses using peripheral information. *IEEE reviews in biomedical engineering*, 3: 48-68.
- Miller, J.C. 2018. A primer on the use of probability generating functions in infectious disease modeling. *Infect Dis Model*, 3: 192-248.
- Navarro, X., Krueger, T.B., Lago, N., Micera, S., Stieglitz, T. and Dario, P. 2005. A critical review of interfaces with the peripheral nervous system for the control of neuroprostheses and hybrid bionic systems. *J Peripher Nerv Syst*, 10 (3): 229-258.
- Oh, S.-H., Lee, Y.-R. and Kim, H.-N. 2014. A novel eeg feature extraction method using hjorth parameter. *International Journal of Electronics and Electrical Engineering*, 10.12720/ijeec.2.2.106-110: 106-110.
- Phinyomark, A., Phukpattaranont, P. and Limsakul, C. 2012. Feature reduction and selection for emg signal classification. *Expert Systems with Applications*, 39 (8): 7420-7431.
- Phinyomark, A., Quaine, F. and Laurillau, Y. 2014. The relationship between anthropometric variables and features of electromyography signal for human-computer interface. In: Applications, challenges, and advancements in electromyography signal processing, pp. 321-353.
- Raez, M.B., Hussain, M.S. and Mohd-Yasin, F. 2006. Techniques of emg signal analysis: Detection, processing, classification and applications. *Biol Proced Online*, 8: 11-35.
- Rahman, A. and Tasnim, S. 2014. Ensemble classifiers and their applications: A review. *International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT)*, 10(1): 30-35.

- Rubin, D.I. 2019. Needle electromyography: Basic concepts. *Handb Clin Neurol*, 160: 243-256.
- Rybarczyk, B., Edwards, R. and Behel, J. 2004a. Diversity in adjustment to a leg amputation: Case illustrations of common themes. *Disabil Rehabil*, 26 (14-15): 944-953.
- Rybarczyk, B., Edwards, R. and Behel, J. 2004b. Diversity in adjustment to a leg amputation: Case illustrations of common themes. *Disability and Rehabilitation*, 26(14-15): 944-953.
- Scholkmann, F., Spichtig, S., Muehlemann, T. and Wolf, M. 2010. How to detect and reduce movement artifacts in near-infrared imaging using moving standard deviation and spline interpolation. *Physiological measurement*, 31 (5): 649.
- Schölkopf, B. and Smola, J.A. 2018. Learning with kernels support vector machines, regularization, optimization and beyond.
- Shi, M. and Zhang, R. 2020. Function clustering analysis method based on c-bézier curves. *Journal of Physics: Conference Series*, 1676.
- Simsek, B. and Yardimci, A. 2016. Using bezier curves in medical applications. *Filomat*, 30 (4): 937-943.
- Simsek, B. and Yardımcı, A. 2019. Formulas derived from moment generating functions and bernstein polynomials. *Applicable Analysis and Discrete Mathematics*, DOI: 10.2298/AADM191227036S: 197-206.
- Stein, G., Chen, B., Wu, A.S. and Hua, K.A. 2005. Decision tree classifier for network intrusion detection with ga-based feature selection. *Proceedings of the 43rd annual Southeast regional conference*, 2: 141.
- Sultana, A., Ahmed, F. and Alam, M.S. 2023. A systematic review on surface electromyography-based classification system for identifying hand and finger movements. *Healthcare Analytics*, 3.
- Tenore, F.V., Ramos, A., Fahmy, A., Acharya, S., Etienne-Cummings, R. and Thakor, N.V. 2009. Decoding of individuated finger movements using surface electromyography. *IEEE Trans Biomed Eng*, 56 (5): 1427-1434.
- Toledo-Pérez, D.C., Rodríguez-Reséndiz, J., Gómez-Loenzo, R.A. and Jauregui-Correa, J.C. 2019. Support vector machine-based emg signal classification techniques: A review. *Applied Sciences*, 9 (20).
- Turner, D.L., Ramos-Murguialday, A., Birbaumer, N., Hoffmann, U. and Luft, A. 2013. Neurophysiology of robot-mediated training and therapy: A perspective for future use in clinical populations. *Front Neurol*, 4: 184.
- Ulger, O., Yildirim Sahan, T. and Celik, S.E. 2018. A systematic literature review of physiotherapy and rehabilitation approaches to lower-limb amputation. *Physiother Theory Pract*, 34 (11): 821-834.

- Vidaurre, C., Krämer, N., Blankertz, B. and Schlögl, A. 2009. Time domain parameters as a feature for eeg-based brain-computer interfaces. *Neural Networks*, 22 (9): 1313-1319.
- Yu, S., Jeong, E., Hong, K. and Lee, S. 2012. Classification of nine directions using the maximum likelihood estimation based on electromyogram of both forearms. *Biomedical Engineering Letters*, 2 (2): 129-137.
- Zafeiriou, D. 2002. Atlas of electromyography edited by a arturo leis, c vicente trapani. *European Journal of Paediatric Neurology - EUR J PAEDIATR NEUROL*, 6: 184-185.
- Zahedi, M.S., Spence, W.D., Solomonidis, S.E., Paul, J.P. 1986. Alignment of lower limb prostheses. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 23(2):19.
- Zecca, M., Micera, S., Carrozza, M.C. and Dario, P. 2002a. Control of multifunctional prosthetic hands by processing the electromyographic signal. *Crit Rev Biomed Eng*, 30 (4-6): 459-485.
- Zecca, M., Micera, S., Carrozza, M.C. and Dario, P. 2002b. Control of multifunctional prosthetic hands by processing the electromyographic signal. *Critical Reviews™ in Biomedical Engineering*, 30 (4-6):
- Zoubek, L., Charbonnier, S., Lesecq, S., Buguet, A. and Chapotot, F. 2007. Feature selection for sleep/wake stages classification using data driven methods. *Biomedical Signal Processing and Control*, 2: 171-179.
- Anonim 1: <http://www.seniam.org/> [Son erişim tarihi: 020.06.2023].
- Anonim 2: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation> [Son erişim tarihi: 05.07.2023]
- Anonim 3: <https://www.physio-pedia.com/home/> [Son erişim tarihi: 09.07.2023]
- Anonim 4: <https://dspace2.creighton.edu/xmlui/handle/10504/17605?show=full> [Son erişim tarihi: 13.07.2023]

ÖZGEÇMİŞ
BUKET ŞİMŞEK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2017-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans 2014-2016	Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi Anabilim Dalı, Antalya
Lisans 2009-2013	Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü, Afyonkarahisar

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Şavklıyıldız A., Özkan Ö., Uysal H., Şenol U., Özkan Ö., Doğan E. A., Barçın E., Bilge İ., Gök K, Döğer E. N., Şimşek B., Carlak H.F., Polat Ö., Çolak Ö. H. (2021). Adaptive analysis of cortical plasticity with fMRI in full face and arm transplants. Brain Imaging And Behavior, 15(4), 1788-1801. Doi: 10.1007/s11682-020-00374-8.
- 2- Şimşek B. (2020). A note on characteristic function for Bernstein polynomials involving special numbers and polynomials. Filomat, 34(2), 543-549. DOI: 10.2298/FIL2002543S.
- 3- Şimşek B. (2020). Remarks on statistical evaluations for facial expression recognition. AIP Conference Proceedings 2293(1), 180003. <https://doi.org/10.1063/5.0026784>.
- 4- Küçükoglu İ., Şimşek B., Şimşek Y. (2019). Multidimensional Bernstein polynomials and Bezier curves: Analysis of machine learning algorithm for facial expression recognition based on curvature. Applied Mathematics and Computation, 344-345(5), 150-162. Doi: 10.1016/j.amc.2018.10.012.
- 5- Şimşek B. (2019). Formulas derived from moment generating functions and Bernstein polynomials. Applicable Analysis and Discrete Mathematics, 13(3), 839-848. DOI: 10.2298/AADM191227036S.

- 6- Şimşek B., Yardımcı A. (2018). Mathematical models for deformed and undeformed human hands associated with the Bernstein polynomials and the Bezier curves. AIP Conference Proceedings, 1978(1), 040003. <https://doi.org/10.1063/1.5043687>.
- 7- Şimşek B., Şimşek B. (2017). The computation of expected values and moments of special polynomials via characteristic and generating functions. AIP Conference Proceedings, 1863(1), 300012. <https://doi.org/10.1063/1.4992461>.
- 8- Şimşek B., Yardımcı A. (2017). Investigation of the blood behaviour and vascular diseases by using mathematical physic principles. AIP Conference Proceedings, 1863(1), 300011. <https://doi.org/10.1063/1.4992460>.
- 9- Şimşek B., Yardımcı A. (2016). Using Bezier Curves In Medical Applications. Filomat, 30(4), 937-943. Doi: 10.2298/FIL1604937S.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Şimşek B. (2021). Notes on statistical evaluations of the Bezier curves constructed on deformation hands. 4. MICOPAM Conf. (Tam Metin Bildiri)
- 2- Şavklıyıldız A., Uysal H., Özkan Ö., Şenol U., Özkan Ö., Doğan E. A., Barçın E., Süzen E., Şimşek B., Carlak H.F., Polat Ö., Çolak Ö. H. (2019). fMRI Based Analysis of Represented Hand and Face Areas in Patients with Facial Lesions. Medical Technologies Congress (TIPTEKNO) (Tam Metin Bildiri)
- 3- Süzen E., Uysal H., Şavklıyıldız A., Özkan Ö., Özkan Ö., Doğan E. A., Şimşek B., Uluşar Ü. D., Polat Ö., Çolak Ö. H. (2019). Analysis and Assessment of EEG Beta Activity in Patients with Facial Lesions. Medical Technologies Congress (TIPTEKNO) (Tam Metin Bildiri)
- 4- Şimşek B., Çolak Ö. H. (2018). Observations On Statistical Tests Used In Neuroscience. MICOPAM Conf. (Tam Metin Bildiri)