

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ADOLESAN İDİYOPATİK SKOLYOZ HASTALARINDA REHABİLİTASYON
SÜRECİ KAS DİNAMİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ VE
ANALİZİ**

Ela Naz GÖK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

OCAK 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**ADOLESAN İDİYOPATİK SKOLYOZ HASTALARINDA REHABİLİTASYON
SÜRECİ KAS DİNAMİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ VE
ANALİZİ**

Ela Naz GÖK

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

OCAK 2024

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ADOLESAN İDİYOPATİK SKOLYOZ HASTALARINDA REHABİLİTASYON
SÜRECİ KAS DİNAMİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ VE
ANALİZİ**

**Ela Naz GÖK
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ**

OCAK 2024

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADOLESAN İDİYOPATİK SKOLYOZ HASTALARINDA REHABİLİTASYON
SÜRECİ KAS DİNAMİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ VE
ANALİZİ

Ela Naz GÖK
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 18/01/2024 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK (Danışman)
Prof. Dr. Şükrü ÖZEN
Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ
Prof. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR
Doç. Dr. Serdar GÜNDOĞDU

ÖZET

ADOLESAN İDİYOPATİK SKOLYOZ HASTALARINDA REHABİLİTASYON SÜRECİ KAS DİNAMİKLERİNİN DEĞİŞİMİNİN MODELLENMESİ VE ANALİZİ

Ela Naz GÖK

Doktora Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Ocak 2024; 58 sayfa

Adolesan İdiyopatik Skolyoz (AİS), nedeni belli olmayan omurganın lateral eğriliği ve rotasyonu ile birlikte görülen bir bozukluktur. Bu skolyoz türü bireyin çocukluk dönemi ile gençlik dönemleri (10-18 yaş) arasında görülür. AİS genellikle hızla ilerleyen omurga eğriliği ile karakterize edilen, skolyozlu bireyler arasında en yaygın görülen türdür. Omurga eğriliğinin hızlı ilerlemesi, kritik bir klinik tablo oluşturabilir. Bu sebeple AİS bireylerin erken tanısı önem arz eder. Tanı yöntemlerinde genellikle iskelet sistemi görüntüleme yöntemleri, özellikle röntgen ve tomografi gibi, sıklıkla kullanılmaktadır. Hali hazırda kas dinamiklerinin dahil edildiği tanı prosedürü kullanılmamaktadır. Bununla birlikte, AİS bireylerin omurga eğriliğine bağlı olarak özellikle üst gövde kaslarında (göğüs, abdominal, sırt, bel ve kol kaslarında) boyutsal değişimler mümkün olmaktadır. Literatür çalışmaları kas aktivasyonlarının skolyozlu bireylerde değiştiğinin ve kas dinamiklerinin sağ ve sol arasında asimetrisi oluştuğu yönündedir. Tanı neticesinde uygulanan fiziksel rehabilitasyon süreçleri oluşturulması ve iyileşme takibi de radyolojik incelemelere dayanmaktadır. Bu çalışma da AİS bireylerin Schroth egzersizleri esnasında üst gövde kaslarından 18 kanallı yüzey EMG (sEMG) kaydı, analizi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmamızın amacı, AİS bireylerin omurga eğriliğine bağlı kas dinamiklerinin değişimini bulmak, sağ ve sol kas arası uyumu incelemek, bireyin rehabilitasyon süreci değerlendirilmesinin yapılmasına olanak sağlamak ve Schroth egzersizinin etkinliğinin kas dinamikleri ile belirlenmesidir. Çalışmada sağlıklı bireyler ve AİS bireyler çalışmaya dahil edilmiştir. Sağlıklı bireyler, adolesan yaş grubunda (yaş aralığı 11-16) olup toplam 16 bireydir. Sağlıklı bireyler, omurga problemlerine sahip olmamalı ve herhangi bir kronik hastalık veya rahatsızlıkla ilişkili belirtiler göstermemektedir. Aynı zamanda sağlıklı bireyler, yaş, cinsiyet ve diğer demografik faktörler açısından AİS bireyler ile benzerlik göstermektedir. AİS bireylerde ise 17 birey çalışmaya dahil edilmiştir. Bütün bireyler için ortak Schroth egzersizlerinin seçimi için AİS bireylerin omurgadaki eğrilerin sınıflandırılması gerçekleştirildi. Kayıt aşaması egzersizleri 6 adet seçilmiştir. Kayıtlardan önce etik kuruldan onay alınmıştır. Kayıt esnasında bireylerin egzersizleri olabildiğince stabil yapılabilmesi için, bir ara yüz tasarlandı. Bu ara yüzde egzersizi yapan bireye ekrandan görsel ve işitsel komutlar verildi. sEMG kayıtları, 2000 Hz örnekleme frekansı ile gerçekleştirilmiştir. Ham sEMG verileri, Butterworth filtre (6. Derece) kullanılarak, 5 Hz yüksek geçiren filtre ve 500 Hz alçak geçiren filtre

kullanılmıştır. Filtrelenen sEMG verimizin analizinde Dalgacık Paket Dönüşüm (DPD) yöntemi kullanılmıştır. Ölçekleme ve öteleme parametrelerine bağlı olarak, ayrıntılı frekans aralıklarının tespitine yönelik Dalgacık Paket Enerji (DPE) değerlerin hesabı yapılmıştır. Sağlıklı bireylerin ortalamaları ve AİS bireylerin ortalamaları her hareket için 3 boyutlu ve 2 boyutlu grafikleri oluşturulmuştur. 3 boyutlu grafiklerin eksenleri frekans, sEMG elektrot ve DPE değerleridir. 2 boyutlu grafiklerin eksenleri ise sEMG elektrot ve DPE ortalamalarının değerleridir. DPE ortalamalarının normalizasyon değerleri oluşturduğumuz insan modeli üzerine işlenmiştir. Sonuçların istatistiksel anlamlı farklarını belirlemek için Mann whitney u testi yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde simetrik kas aktivasyonu gerektiren Egzersiz A ve Egzersiz B hareketlerinde, AİS bireylerin sağlıklı bireylere göre kas aktivasyon düşüklüğü ve sağ-sol kas dinamiklerinde farklılık yani asimetri gözlenmiştir. Bu iki hareketinden postür temelli hareket olması ve AİS bireylerin omuz ve pelvik hizalaması problemlili olup egzersizde farklı kas dinamiklerinden destek aldığı belirlenmiştir. Diğer egzersizler ise Schroth egzersizinin omurga eğriliğinin yönüne göre yaptırılan asimetrik egzersizdir. Schroth egzersizinin etkinliğini, diğer egzersizlerin kas aktivasyon sonuçlarından belirlenmiştir. Her iki grupta da omurga eğriliğinin yönünde oluşturduğu kas aktivasyonu belirlenmiştir. AİS bireylerde omurga eğriliğinin tam tersi tarafındaki kas bölgelerinde de kas aktivasyonları bulunmuştur. Plank egzersizlerinde abdominal bölge kaslarının aktivasyonunu bekleriz. Sağlıklı bireylerde abdominal bölge aktif çıkarken AİS bireylerde sırt kaslarında aktivasyon gözlenmiştir. Sonuç olarak, AİS bireylerin asimetrik kas aktivasyonları, denge problemi, abdominal kas bölgesi zayıflığı ve schroth egzersizlerinin etkinliği belirlenmiştir. Kas dinamiklerinin bilinmesi skolyozlu bireylerini tanı ve tedavisinin oluşturulmasında önemli bilgiler içerdiği kanısındayız.

ANAHTAR KELİMELEER: Adolesan idiyopatik skolyoz, dalgacık paket dönüşümü, schroth yöntemi, yüzey EMG

JÜRİ: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

Prof. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

Doç. Dr. Serdar GÜNDOĞDU

ABSTRACT

MODELLING AND ANALYSIS OF CHANGES IN MUSCLE DYNAMICS DURING THE REHABILITATION PROCESS IN ADOLESCENT IDIOPATHIC SCOLIOSIS PATIENTS

Ela Naz GÖK

PhD Thesis in Electrical and Electronics Engineering Department

Supervisor: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

January 2024; 58 pages

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a condition of lateral curvature and rotation of the spine of unknown cause. This type of scoliosis occurs between childhood and adolescence (10-18 years). AIS is the most common type of scoliosis and is usually characterised by rapid progression of spinal curvature. Rapid progression of spinal curvature can lead to a critical clinical picture. Therefore, early diagnosis of subjects with AIS is important. Skeletal imaging techniques, particularly radiography and tomography, are widely used in the diagnostic process. At present, the diagnostic procedure including muscle dynamics is not used. However, dimensional changes are possible, particularly in the upper body muscles (chest, abdominal, back, lumbar and arm muscles) due to spinal curvature in people with AIS. Literature studies suggest that muscle activation changes in subjects with scoliosis and that asymmetry of muscle dynamics occurs between the right and left sides. Radiological studies are also used to determine the physical rehabilitation processes that are applied as a result of the diagnosis and to monitor recovery. In this study, 18-channel surface EMG (sEMG) was recorded, analysed and evaluated from the upper body muscles of subjects with AIS during Schroth exercises. The aims of our study were to determine the change in muscle dynamics in AIS patients due to spinal curvature, to examine the harmony between the right and left muscles, to enable evaluation of the rehabilitation process of the subject and to determine the effectiveness of Schroth exercises on muscle dynamics. Healthy subjects and subjects with AIS were included in the study. The healthy subjects were adolescents (age range 11-16 years) and there were 16 of them. Healthy subjects should have no spinal problems and no symptoms associated with any chronic disease or disorder. The healthy subjects were similar to the AIS subjects in terms of age, gender and other demographic factors. A total of 17 people with AIS were included in the study. Classification of the spinal curves of the AIS subjects was used to select common Schroth exercises for all subjects. In the recording phase, 6 exercises were selected. Ethics committee approval was obtained prior to recording. An interface was designed to make the exercises as stable as possible during recording. On this interface, visual and auditory commands were given to the person performing the exercise on the screen. sEMG recordings were performed at a sampling frequency of 2000 Hz. Butterworth (6th order), 5 Hz high pass and 500 Hz low pass filters were applied to the raw sEMG data. The Wavelet Packet Transform (WPT) method was used to analyse the filtered sEMG data. Wavelet Packet Energy (WPE) values were calculated depending on the scaling and translation parameters to determine the detailed frequency ranges. For each movement, 3D and 2D plots were generated for the mean values of the healthy and AIS

subjects. The axes of the 3D plots are frequency, sEMG electrode and WPE values. The axes of the 2D graphs are the sEMG electrode and DPE mean values. The normalisation values of the DPE averages were processed on the human model we created. The Mann-Whitney U test was used to determine statistically significant differences in the results. When the results were analysed, low muscle activation and a difference in right-left muscle dynamics, i.e. asymmetry, were observed in AIS subjects compared to healthy subjects during movements A and B, which require symmetrical muscle activation. It was found that these two movements were postural and that the shoulder and pelvic alignment of AIS subjects was problematic and supported by different muscle dynamics in the exercise. The other exercises were asymmetric exercises performed according to the direction of spinal curvature of the Schroth exercise. The effectiveness of the Schroth exercise was determined from the muscle activation results of the other exercises. In both groups, muscle activation was measured in the direction of the spinal curvature. In people with AIS, muscle activation was also found in muscle regions on the opposite side of the spinal curvature. We expect the abdominal muscles to be activated during the plank exercises. While the abdominal region was active in healthy subjects, activation in the back muscles was observed in AIS subjects. In conclusion, asymmetric muscle activation, balance problems, abdominal muscle weakness and the effectiveness of Schroth exercises were identified. We believe that knowledge of muscle dynamics provides important information for the diagnosis and treatment of people with scoliosis.

KEYWORDS: Adolescent idiopathic scoliosis, wavelet packet transform, schroth method, surface EMG

COMMITTEE: Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK

Prof. Dr. Şükrü ÖZEN

Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

Prof. Dr. Ümit Deniz ULUŞAR

Assoc. Prof. Dr. Serdar GÜNDOĞDU

ÖNSÖZ

Bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren değerli danışmanım Prof. Dr. Ömer Halil Çolak'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum. Çalışmam boyunca bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen değerli hocalarım Öğr. Gör. Dr. Kadriye Tombak ve Prof. Dr. Nehir Samancı Karman'a sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunuyorum.

Akademik çalışmalarımız boyunca işlere keyifli bir bakış açısı getiren ve her zaman olumlu bir motivasyon kaynağı olan Öğr. Gör. Kadir GÖK'e en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Doktora tezim sürecimde fikirleriyle projeme değer katan ve yardımlarını esirgemeyen Dr. Eda Nur Korkmaz'a teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamın tamamlanmasında, bu başarıya ulaşmamda her daim destekleriyle ve cesaretlendirmeleriyle büyük katkıda bulunan aileme en içten teşekkürlerimi sunuyorum.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
2.1 . Omurga Anatomisi	4
2.2 . Skolyoz.....	4
2.3 . Skolyoz Tarihçesi	5
2.4 . Skolyozun Sınıflandırılması	6
2.4.1 . Skolyozun eğrilik derecesine göre sınıflandırılması	6
2.4.2 . Skolyozun eğrilik yönüne göre sınıflandırılması.....	7
2.4.3 . Skolyozun etiyolojik bazlı sınıflandırması	8
2.5 . İdiyopatik Skolyoz	9
2.5.1 . Adolesan idiyopatik skolyoz.....	9
2.6 . Skolyoza Spesifik Fizyoterapi Egzersizleri.....	10
2.7 . Schroth Yöntemi.....	10
2.7.1 . Schroth Tarihçe.....	11
2.7.2 . Skolyoz temel prensipleri	11
2.8 . Elektromiyografi	12
2.8.1. EMG tarihçesi.....	12
2.8.2. Elektromiyografi teknikleri	13
2.8.3. Yüzey elektromiyografi (sEMG).....	13
2.9 . Dalgacık paket dönüşümü	15
3. MATERYAL VE METOT	17
3.1 . Etik	17
3.2 . Katılımcı Bireylerin Bilgileri	18
3.2.1 . Sağlıklı bireyler	18
3.2.2 . AIS bireyler	18

3.3 . Dahil edilme ve dışlanma kriterleri	18
3.4 . Schroth Egzersizleri	19
3.4.1 . Egzersiz A.....	20
3.4.2 . Egzersiz B	20
3.4.3 . Egzersiz C	20
3.4.4 . Egzersiz D.....	21
3.4.5 . Egzersiz E	21
3.4.6 . Egzersiz F	21
3.5 . EMG Kayıt Aşaması	21
3.6 . EMG Analizi	24
3.6.1 . Ham sEMG verilerinin filtrelenmesi	24
3.6.2 . Dalgacık dönüşümü	24
3.7 . İstatistik Analizler	26
3.8. Simetri Değerlendirmesi için İndeks Hesaplanması	26
4. BULGULAR	27
4.1. Ayakta Dik Durma Egzersizi (Egzersiz A)	27
4.2. Basic Tension Egzersizi (Egzersiz B)	30
4.3. Shoulder Counter Traction Egzersizi (Egzersiz C)	33
4.4. Muscle Cylinder Egzersizi (Egzersiz D)	35
4.5. Sol Plank Egzersizi (Egzersiz E).....	38
4.6. Sağ Plank Egzersizi (Egzersiz F)	41
4.7. Simetri Değerlenmesi için Yapılan İndeks Bulguları.....	44
5. TARTIŞMA	46
6. SONUÇLAR	51
7. KAYNAKLAR	53
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Doktora tezi olarak sunduğum “Adolesan İdiyopatik Skolyoz Hastalarında Rehabilitasyon Süreci Kas Dinamiklerinin Değişiminin Modellenmesi ve Analizi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/01/2024

Öğrencinin Adı Soyadı

Ela Naz GÖK

İmzası

(Signature area with diagonal lines)

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$W_0(t)$	: Ölçekleme fonksiyonu
$W_1(t)$	: Dalgacık fonksiyonu
$W_{2J}(t)$	: Alçak geçiren fonksiyonu
$W_{2J+1}(t)$	: Yüksek geçiren fonksiyonu
n	: Kaydırma parametresi
m	: Ölçekleme parametresi
E_M	: Dalgacık paket enerjisi
DPE_{ort}	: Dalgacık paket enerji ortalaması
i	: Kanalin numarası
$Simetri_{ind}(x)$	: Sol ve sağ kas bölgeleri oranları
x	: Kas bölgelerinin DPE ortalaması

Kısaltmalar

AİS	: Adolesan İdiyopatik Skolyoz
sEMG	: Yüzey Elektromiyografi
YB-AİS	: Yeni Başlayan Adolesan İdiyopatik Skolyoz
US-AİS	: Uzun Süre Adolesan İdiyopatik Skolyoz
SCT	: Shoulder Counter Traction
DPD	: Dalgacık Paket Dönüşümü
DPE	: Dalgacık Paket Enerjisi
HFT	: Hızlı Fourier Dönüşümü
KSFD	: Kısa Süreli Fourier Dönüşümü
RMS	: Ortalama Karekök

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Omurga anatomisi ve temel bölgeleri.....	4
Şekil 2.2. a) Sağlıklı omurganın radyolojik görüntüsü; b) Skolyozlu omurganın radyolojik görüntüsü	5
Şekil 2.3. a) Sağlıklı omurga; b) Lomber skolyozlu omurga; c) Torasik skolyozlu omurga d) Torako-Lomber skolyozlu omurga; e) Çift eğrilik skolyozlu omurga	7
Şekil 2.4. Katharina Schroth kliniği, ailesi ve skolyoz hastaları	11
Şekil 2.5. Dalgacık paket ağacı.....	16
Şekil 3.1. a) Dik durma; b) Basic tension; c) Shoulder Counter Traction (SCT); d) Muscle Cylinder; e) Sol Plank; f) Sağ Plank	20
Şekil 3.2. sEMG kaydı için belirlenen kanal pozisyonu.....	22
Şekil 3.3. Çalışma diyagramı	24
Şekil 3.4. a) Çalışmamızda kullanılan daubechies; b) Ölçek-zaman alanı.....	25
Şekil 4.1. Egzersiz A a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli	27
Şekil 4.2. Egzersiz A sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları	29
Şekil 4.3. Egzersiz B a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli	30
Şekil 4.4. Egzersiz B sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları	32
Şekil 4.5. Egzersiz C a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli	33
Şekil 4.6. Egzersiz C sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları	34
Şekil 4.7. Egzersiz D a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli	35
Şekil 4.8. Egzersiz D sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları	37
Şekil 4.9. Egzersiz E a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli	38
Şekil 4.10. Egzersiz E sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları	40
Şekil 4.11. Egzersiz F a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli	41
Şekil 4.12. Egzersiz F sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları.....	43
Şekil 4.13. Egzersiz A için simetri indeks sonuçları	44
Şekil 4.14. Egzersiz B için simetri indeks sonuçları.....	45

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Skolyozun etiyolojik bazlı sınıflandırılması.....	8
Çizelge 3.1. Sağlıklı bireylerin ve katılımcıların demografik özellikleri	17
Çizelge 3.2. Kayıt aşamasında ara yüzün komutları ve süreleri	23
Çizelge 4.1. Egzersiz A’da sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri	28
Çizelge 4.2. Egzersiz B’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri	31
Çizelge 4.3. Egzersiz C’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri	34
Çizelge 4.4. Egzersiz D’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri	36
Çizelge 4.5. Egzersiz E’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri	39
Çizelge 4.6. Egzersiz F’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri.....	42



1. GİRİŞ

İdiyopatik skolyoz, belirgin bir sebep olmaksızın ortaya çıkan, omurganın 3 boyutlu deformasyonudur (Roach 1999; Weinstein vd 2008). İdiyopatik skolyoz genellikle adolesan dönemde (çocukluk veya ergenlik) başlar ve 10 ila 16 yaş arasındaki çocukların yüzde 2 ila 4'ünde görülür (Reamy ve Slakey 2001). Adolesan İdiyopatik Skolyozlu (AİS) bireylerde tedavi endikasyonlarının belirlenmesinde Cobb açısı altın standart olarak kabul edilir (Weiss vd 2016). Cobb açısı 20 dereceden az olan skolyozlu bireyler için fizik tedaviye ek olarak ortezi (korse) tedavisi önerilirken, Cobb açısı 40 derece veya daha fazla olduğunda cerrahi tedavi önerilmektedir (Kuznia vd 2020). AİS'nin oluşturduğu mekanik problemler nedeniyle AİS bireylerde postür bozuklukları, bel ve sırt ağrısı, denge ve yürüyüş problemleri gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Özellikle adolesan dönemde skolyoz, omurga eğriliğinin derecesine ve prevalansına bağlı olarak, iç organlara baskı yapabilir ve potansiyel olarak zarar verebilir. Hayati fonksiyonlar geri dönüşümsüz etkilenebilmektedir. Cerrahi olarak tedavi edilen skolyoz hastalarında hem cerrahi riskler ve iyileşme süreçleri problemi hem de uzun vadede daha fazla dejeneratif disk değişikliği, artmış bel veya vücut ağrısı, azalmış fiziksel işlevsellik ve genel sağlık gibi problemlerle karşılaşılabilir (Danielsson ve Nachemson 2003). Bu yüzden AİS'nin progresif bir problem olduğu da düşünüldüğünde, tüm bu problemlerin çözümünde konservatif tedavi önem kazanmaktadır. Genel olarak deformiteyi azaltmayı hedefleyen egzersizler skolyozlu bireyler tarafından iyi karşılanmaktadır.

Skolyozlu bireylerde kas aktivasyonu, normal omurgalı bireylere kıyasla farklılık gösterebilir. Literatürde yapılan çalışmalar, skolyoz hastalarının kas aktivasyonunda bozulmalar olduğunu göstermektedir (Weiss ve Goodall 2009). Özellikle, hastaların postürünü destekleyen ve omurgayı stabilize eden paravertebral (omurga çevresinde yer alan) kaslarda anormallikler saptanmıştır (Weiss ve Goodall 2008). Gün boyunca spinal hizalamayı korumak için postürü destekleyen sırt ve göğüs kaslarına ihtiyaç vardır. Kapsamlı bir vaka-kontrol çalışmasından elde edilen sonuçlar, AİS bireylerde sırt kaslarının dayanıklılığının, skolyozu olmayan kişilere kıyasla belirgin şekilde azaldığı gözlemlenmiştir (Danielsson vd 2006). AİS bireylerde omurga deformitesi, skolyotik eğrinin konkav tarafına göre konveks tarafta daha büyük elektromiyografi (EMG) kas aktivitesi gösteren asimmetrik paraspinal kaslara yol açtığı belirtilmiştir (Avikainen vd 1999). Skolyoz da görülen paraspinal kaslarda oluşan asimmetri, konkav tarafta tip 1 liflerin azalmasıyla ilişkili olarak tonik aktivitede azalma sonucu postüral kusurlar oluşabilmektedir (Weiss 1993; Mannion vd 1998). Sağ torasik eğriliğe sahip 10 skolyozlu bireyler üzerine yapılan bir çalışmada, asimmetrik spinal stabilizasyon egzersizi sırasında bilateral erector spina kasından sEMG kaydı alınmıştır. Asimmetrik indeks hesaplanarak postural instabilitenin konkav taraf zayıflığına bağlı olduğu varsayılmıştır (Ko vd 2018). Başka bir çalışmada ise Cobb açısı 20°'den az olan adolesan bireylerde paraspinal kas aktivitelerini dik durma ve standart oturma pozisyonları sırasında trapezius ve latissimus dorsi kaslarından sEMG kaydı ile karekök ortalama (RMS) değerleri hesaplanmış ve omurganın dışbükey tarafında daha yüksek RMS değerlerine sahip olduğu bulunmuştur. Oturma pozisyonunda sol ve sağ üst trapezius ve latissimus dorsi arasındaki kas aktivitelerinde belirgin asimmetri göstermişlerdir (Kwok vd 2015). Çocuklarda yapılan bir çalışmada omurga eğrilik açısının erektör spina kasının sEMG amplitüdü ile önemli ölçüde korelasyon

göstermiştir (Wilczyński vd 2019). AİS bireylerde paraspinal kas aktivasyonlarındaki anormalliklerin omurga eğriliği ilerlemesi veya iyileşme sürecine etkisi ikincil olarak kabul edilir (Mannion vd 1998). Bazı çalışmalar ise kas asimetrisinin omurga eğriliğinin iyileşme süreçlerini öngörmeye önemli bilgiler içerdiğini öne sürmektedir (Elattar vd 2015). Skolyoza özgü spesifik egzersizler ile postür eğitimi, AİS bireylerde paraspinal kas aktivitelerindeki asimetriyi iyileştirerek eğrilik ilerlemesi riskini azaltabilir (Cheung vd 2005).

İdiyopatik skolyozun semptomlarını hafifletmek ve iyileştirmek için çeşitli tedaviler (cerrahi, spesifik egzersizler, korse gibi...) sunulmuştur (Bettany vd 2014). Fizyoterapötik skolyoza özgü çeşitli egzersiz metotları literatürde sunulmuş olup omurga eğriliğinin ilerlemesini durdurmak, ağrıyı azaltmak, kas dengesini sağlamak ve fonksiyonel kapasiteyi artırmak için olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Cheung vd 2004). Bir çalışmada AİS bireylerin tedavisinde spesifik egzersizlerin etkinliği açıklamak için 19 farklı çalışma incelenmiş ve egzersizlerin AİS bireylerin tedavisinde ilerlemeyi azaltma ve Cobb açılarını düzeltmede etkili olduğu ve skolyoza özgü egzersizlerin korse reçetesini azaltmada da etkili olduğu gösteren güçlü kanıtlar sunulmuştur (Negrini vd 2008). Bununla birlikte, çeşitli fizyoterapi ve egzersiz programlarının, skolyoz hastalarının kas aktivasyonunu iyileştirebileceği ve postürü düzeltmeye yardımcı olabileceği belirtilmektedir (Elattar vd 2015). Bu programlar, kas gücünü ve dengeyi artırarak, skolyozun ilerlemesini önlemek ve yaşam kalitesini artırmak için tasarlanmıştır. Skolyoz hastalarının kas aktivasyonunu anlamak ve uygun rehabilitasyon yöntemlerini uygulamak, omurga deformitelerinin kontrol altına alınmasında önemli bir adımdır.

Schroth egzersizleri, skolyozlu bireylere özgü fizyoterapötik egzersizlerden klinik uygulamada yaygın bir yaklaşımdır. Randomize kontrollü bir çalışmada, AİS eğriliği olan hastalarda denetimli Schroth egzersizlerinin, standart bakıma ek olarak uygulandığında yaşam kalitesini ve sırt kası dayanıklılığını olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Schroth egzersizi alan hastalarda sırt kası dayanıklılığı ve benlik imajı iyileşmiş, ağrı skorları ise azalmıştır (Schreiber vd 2015). Başka bir çalışma da AİS bireylerinde, Schroth egzersizinin paraspinal kas aktivitesi üzerindeki etkisini araştırmış olup çalışmanın bulguları, Schroth egzersizinin paraspinal kasları eğitebileceğini ve skolyoz tedavisinde etkili olabileceğini göstermektedir (Cheung vd 2022). Tek vaka sunumu içeren bir çalışmada, AİS tedavisinde Schroth egzersizleri, yumuşak doku uzatma ve Matriks Ritim Terapisi'nin bütüncül yaklaşımının etkinliğini değerlendirmiştir. Radyografik ve yüzey elektromiyografi (sEMG) değerlendirmeler, tedavinin skolyotik sapmaların düzeltilmesinde etkili olduğunu ve kas dengesizliğini düzelttiğini göstermiştir (Saini ve Arumugam 2022).

Bu çalışmada, AİS bireylerinin Schroth egzersizleri sırasında üst gövde kaslarından 18 kanallı sEMG kaydı alınmış olup verilerin analiz ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmanın amacı, AİS bireylerinin omurga eğriliğine bağlı kas dinamiklerindeki değişimleri belirlemek, sağ ve sol kas arası uyumu incelemek, rehabilitasyon sürecini değerlendirmek ve Schroth egzersizinin etkinliğini kas dinamikleriyle ilişkilendirmektir. Sağlıklı bireylerle karşılaştırıldığında, AİS bireylerde simetrik kas aktivasyonunda düşüklük ve sağ-sol kas dinamiklerinde asimetri özellikle postür temelli egzersizlerde gözlemlenmiştir. Ayrıca, omurga eğriliğinin yönüne bağlı olarak yapılan asimetrik egzersizlerde kas aktivasyonu belirlenmiş ve Plank

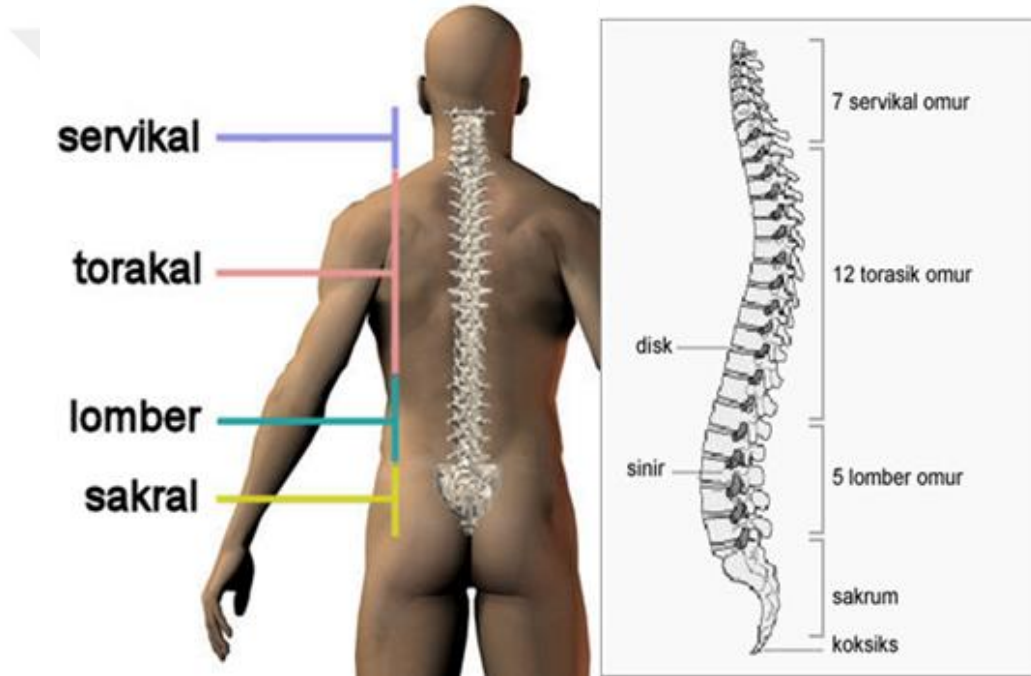
egzersizlerinde abdominal bölge kaslarının aktivasyonundaki farklılıklar ortaya konmuştur. Araştırmada aynı zamanda AIS bireyler kendi içinde iki farklı gruba ayrılmıştır. Birinci grup, egzersizlere yeni başlayan bireylerden oluşurken, ikinci grup ise uzun süredir düzenli bir şekilde egzersiz yapan bireylerden oluşmaktadır. Bu ayrım, skolyoz tedavisi ve egzersiz süreçlerinin etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Omurga Anatomisi

Omurga, vücudumuzun hareketini sağlayan ve omuriliği ile sinirlerin korunmasını sağlayan bir yapıdır. Omurga, 24 kemikten oluşan omurlarla birbirinden ayrılmıştır ve diskler aracılığıyla esnekliğini korur. Omurganın üç bölgesi vardır: 7 adet servikal (boyun) omur, 12 adet torasik (sırt) omur ve 5 adet lomber (bel) omur. Bunların yanı sıra, lomber omurgadan aşağıda birleşmiş olan 5 omur, sakrum kemiğini oluşturur. Omurga aynı zamanda omuriliği içinde barındırır ve korur. Omurilikten çıkan spinal sinirler, omurlar arasındaki boşluklardan dışarı çıkar. Yandan bakıldığında, omurgada doğal eğrilikler bulunur. Boyun ve bel bölgelerinde lordoz adı verilen öne doğru çukurluklar bulunurken, sırt bölgesinde kifoz adı verilen yuvarlak bir sırt görünümü vardır (Klausen 1965; Roaf 1966; Harrington 1972; King 1983; Luque 1998).



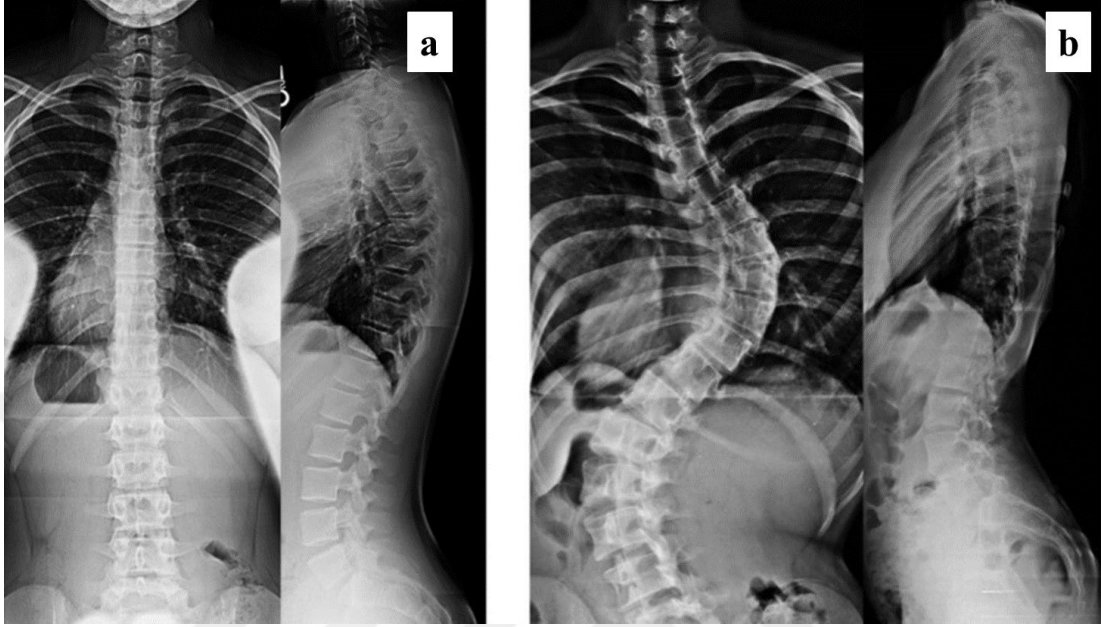
Şekil 2.1. Omurga anatomisi ve temel bölgeleri

2.2. Skolyoz

Skolyoz, omurganın yanlış hizalanması ile karakterize edilen bir durumdur. Anatomik olarak, omurganın lateral (yanal) eğriliği ve rotasyonu ile birlikte görülen bir bozukluktur. Normalde, omurga, sırtı dik tutan ve destekleyen bir yapı olarak görev yapar. Bununla birlikte, skolyoz geliştiğinde omurga, yanlara doğru eğrilen ve dönerek şekil değiştiren bir görünüm alır (Vasiliadis vd 2009; Negrini vd 2016; Moramarco vd 2020).

Skolyoz, omurganın sagittal (yan) ve frontal (ön) düzlemlerinde görülen deformasyonlarla ilişkilidir (Goldstein ve Waugh 1973). Sagittal düzlem, vücut ön ve arka taraflarını ayıran hayali bir düzlemdir. Frontal düzlem ise vücut sağ ve sol taraflarını ayıran hayali bir düzlemdir. Skolyoz, omurganın frontal düzleminde bir

eğrilik oluşturduğunda ortaya çıkar (Oestreich 1998). Bu eğrilik, omurga üzerindeki vertebra (omur) kemiklerinde rotasyon ve lateral eğriliğe yol açar. Şekil 2.2 (a)'da sağlıklı omurganın radyolojik görüntüsü ve (b)'de skolyozlu omurganın radyolojik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2.2. a) Sağlıklı omurganın radyolojik görüntüsü; b) Skolyozlu omurganın radyolojik görüntüsü

Skolyozun tedavisi, eğrilik şiddetine, yaşa, omurganın durumuna ve hastanın semptomlarına bağlı olarak değişir. Hafif vakalarda takip ve düzenli kontrol yeterli olabilirken, daha ciddi durumlarda korse kullanımı veya cerrahi müdahale gerekebilir. Amacı, eğrilik derecesini düzeltmek veya ilerlemesini durdurarak omurganın fonksiyonunu ve görünümünü iyileştirmektir (Haber ve Sacco 2015; Zheng vd 2016).

2.3. Skolyoz Tarihçesi

Skolyozun tarihi, antik dönemlere kadar uzanır. Hipokrat, MÖ 5. yüzyılda skolyozu tanımlayan ve terimini kullanarak bu durumu tarif eden ilk kişidir (Kumar 1996). Skolyoz terimi, Yunanca "eğik" anlamına gelen "skolios" kelimesinden gelmektedir. Hipokrat, skolyozun kötü duruştan kaynaklandığını düşünmüş ve tedavi önerisi olarak aksiyel distraksiyonu içeren bir uzatma aparatı kullanmayı önermiştir (Kumar 1996).

Claudius Galen, MS 2. yüzyılda Hipokrat'ın açıklamasını geliştirmiş ve skolyoz, kifoz ve lordoz olmak üzere üç tip omurga deformitesini ayırt etmiştir (Marketos ve Skiadas 1999). Galen, torasik distorsiyonun bir kısmını düzeltebileceğini savunarak göğüs kafesi egzersizi gibi ek iyileştirici prosedürler önermiştir. Bu dönemde, skolyoz tedavisi sınırlıydı ve genellikle ağrıyı hafifletme veya duruşu düzeltme amaçlı tedavilere odaklanılıyordu (Marketos ve Skiadas 1999).

Eski toplumların deformiteye karşı tutumları çeşitlilik göstermiştir. Eski Mısır'da, şekil bozukluğu kabul edilirdi ve soyluların hizmetinde cüceler ve diğer fiziksel bozuklukları olan insanlar bulunurdu. Bazı durumlarda deformite, tanrısallığın bir işareti olarak görülürdü (Bunnel 1988). Öte yandan, Antik Yunan toplumunda deformiteye sahip olanlar dışlanmıştı. Yunan heykellerinde görülen fiziksel mükemmelliğe olan hayranlık, deformiteye sahip insanların dışlanmasına neden olmuştur. Hatta Aristo, ebeveynlerin deformiteli çocuk yetiştirmesini engellemek için bir yasa önermek gibi bir adım atmıştır (Bunnel 1988).

Orta çağda ise deformite, Greko-Romen toplumunda günahkârlıkla ilişkilendirilmiş ve kilise altında fiziksel rahatsızlık, ahlaki ahlaksızlığın bir yansıması olarak görülmüştür (Weinstein 2019). Deformiteye sahip olanlar genellikle kilise yasalarının ihlali olarak kabul edilen günahlarla ilişkilendirilmiş ve cezalandırılmıştır. Örneğin, bir kadının doğumdan sonra cinsel ilişkiye devam etmesi ve kiliseye gitmeden önce tövbe etmemesi durumunda deforme olmuş çocuklar dünyaya gelebilirdi. Ancak Rönesans dönemiyle birlikte daha insancıl bir tutum benimsenmiş ve omurga eğriliği gibi durumların tedavisi önem kazanmıştır. Rönesans'ta anatomi ve tıp alanındaki ilerlemeler, skolyozun daha iyi anlaşılmasına ve tedavi yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamıştır. 18. ve 19. yüzyıllarda skolyoz tedavisi için çeşitli korse ve aparatlar geliştirilmiştir (Weinstein 2019).

Modern tıp alanındaki ilerlemelerle birlikte, skolyozun tanısı ve tedavisi daha kesin ve etkili hale gelmiştir. Günümüzde, skolyoz tedavisinde kullanılan yöntemler arasında egzersiz, fizik tedavi, korse kullanımı ve cerrahi müdahale bulunmaktadır. Ayrıca, erken tanı ve düzenli takip ile skolyozun ilerlemesi kontrol altına alınabilir ve yaşam kalitesi artırılabilir (Shanmuganathan vd 2020). Skolyozun tedavisinde multidisipliner bir yaklaşım benimsenmekte olup, ortopedistler, fizyoterapistler ve diğer sağlık profesyonelleri birlikte çalışarak bireyselleştirilmiş tedavi planları oluştururlar.

2.4. Skolyozun Sınıflandırılması

Skolyozun sınıflandırılması, hastalığın tanısı, prognozu ve tedavi planlamasını etkileyen önemli bir aşamadır. Bu sınıflandırmalar, doktorların hastanın durumunu değerlendirmesine ve uygun tedavi yaklaşımını belirlemesine yardımcı olur. Tedavi planı, eğrilik derecesi, yaş, büyüme potansiyeli, semptomlar ve hastanın genel sağlık durumu gibi faktörlere göre kişiye özgü olarak belirlenir. Skolyoz, omurganın yanlış hizalanmasıyla karakterize edilen bir durumdur ve sınıflandırılması çeşitli faktörlere dayanır. Bunlar şu şekildedir; eğrilik derecesine göre sınıflandırma, eğrilik yönüne göre sınıflandırma ve etiyolojik (neden) bazlı sınıflandırmadır (Korkmaz vd 2015).

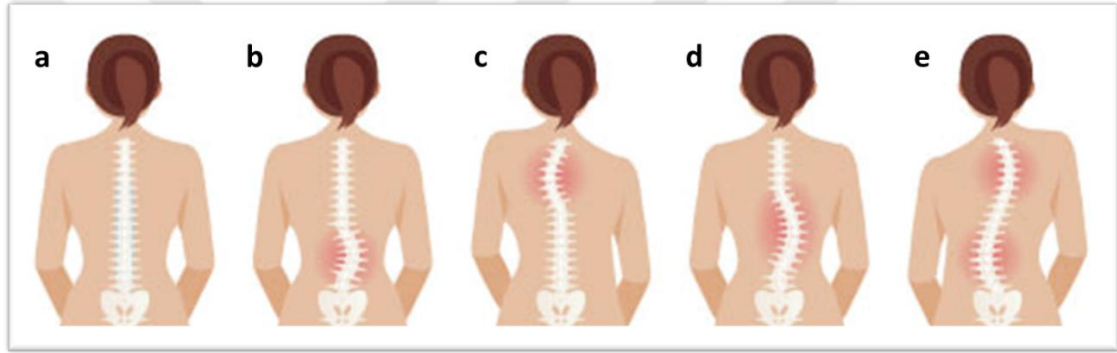
2.4.1. Skolyozun eğrilik derecesine göre sınıflandırılması

Skolyozun eğrilik derecesi, Cobb açısı adı verilen bir ölçüm yöntemi kullanılarak belirlenir. Cobb açısı, omurga üzerindeki en eğri noktalardan geçen iki çizginin kesiştiği açıyı ifade eder. Bu açı, radyografik görüntüler üzerinde ölçülerek değerlendirilir. Eğrilik derecesi, skolyozun şiddetini ve ilerlemesini belirlemek için önemlidir. Genellikle 10 derece ve altındaki eğriler "hafif", 10 ila 25 derece arasındakiler "orta", 25 ila 40 derece arasındakiler "şiddetli" ve 40 derecenin üzerindeki eğriler "çok şiddetli" olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırma, hastalığın ilerleyişini

izlemek ve tedavi seçeneklerini belirlemek için klinik karar süreçlerinde kullanılır. Eğrilik derecesi, hastanın yaşına, büyüme potansiyeline, semptomlara ve omurganın durumuna bağlı olarak tedavi planlamasında da önemli bir rol oynar (Negrini 2012, 2018).

Eğrilik derecesine göre sınıflandırma, skolyozun şiddetini belirleme açısından değerli bir araçtır. Hafif eğrilikler genellikle izlemeye ve konservatif tedaviye yanıt verirken, orta ve şiddetli eğrilikler daha fazla müdahale gerektirebilir. Şiddetli eğriliklerde cerrahi müdahale düşünülebilir. Eğrilik derecesi, tedavi sürecindeki ilerlemeyi izlemek ve tedavinin etkinliğini değerlendirmek için düzenli olarak kontrol edilir. Eğrilik derecesi ayrıca hastaların prognozunu da etkileyebilir. Özellikle hızlı ilerleyen veya çok şiddetli eğrilikler, uzun vadeli sağlık sorunlarına yol açabilirken, hafif eğrilikler genellikle daha iyi bir prognoza sahiptir. Bu nedenle, eğrilik derecesine göre sınıflandırma, skolyoz hastalarının tedavi yönetimine ve takibine rehberlik eden önemli bir kriterdir.

2.4.2. Skolyozun eğrilik yönüne göre sınıflandırılması



Şekil 2.3. a) Sağlıklı omurga; b) Lomber skolyozlu omurga; c) Torasik skolyozlu omurga d) Torako-Lomber skolyozlu omurga; e) Çift eğrilik skolyozlu omurga

Torasik Skolyoz, omurganın göğüs (torasik) bölgesindeki eğrilikleri ifade eder. Genellikle T1 (birinci torasik omur) ile T12 (on ikinci torasik omur) arasında meydana gelir. Lomber Skolyoz, omurganın bel (lomber) bölgesindeki eğrilikleri ifade eder. L1 (birinci lomber omur) ile L5 (beşinci lomber omur) arasında görülebilir. Torakolomber Skolyoz, omurganın hem torasik hem de lomber bölgelerindeki eğrilikleri içerir. Yani hem göğüs hem de bel bölgesinde eğriliklerin olduğu bir durumdur. Çift Eğrilikli Skolyoz (S-kurve), omurga iki noktada eğrilir ve "S" şeklinde bir görünüm oluşturur. En yaygın çift eğrilikli skolyoz türü, üst sırt (torasik) ve alt bel (lomber) bölgelerinde eğriliklerin olduğu "thoracolumbar" olarak adlandırılan S-kurvesidir. Tek Eğrilikli Skolyoz (C-kurve), omurga tek bir noktada eğrilir ve "C" şeklinde bir görünüm oluşturur. Eğrilik genellikle sadece torasik veya lomber bölgede bulunur. Bu skolyoz tipleri, omurganın hangi bölgelerinde eğriliklerin olduğunu ve eğriliklerin şeklini tanımlar. Her bir tipin tedavisi, eğrilik derecesi, ilerleme riski, semptomlar ve hastanın özellikleri gibi faktörlere göre değişiklik gösterebilir.

2.4.3. Skolyozun etiyolojik bazlı sınıflandırması

Etiyolojik (neden) bazlı sınıflandırma, skolyozun altta yatan nedenlerine dayanarak farklı tiplere ayrılmasını sağlar. İşte etiyolojik sınıflandırmanın ana başlıkları ve alt başlıkları aşağıda yer almaktadır (Negrini 2012, 2018).

Çizelge 2.1. Skolyozun etiyolojik bazlı sınıflandırılması

İdiyopatik Skolyoz	- Infantil İdiyopatik Skolyoz: 0-3 yaş arasında ortaya çıkan idiyopatik skolyoz. - Juvenil İdiyopatik Skolyoz: 4-10 yaş arasında ortaya çıkan idiyopatik skolyoz. - Ergen İdiyopatik Skolyoz: 11-18 yaş arasında ortaya çıkan ve en yaygın olan idiyopatik skolyoz türü.
Konjenital Skolyoz	- Vertebral Anomaliler: Omur kemiklerinde doğuştan gelen anormallikler. - Segmental Anomaliler: Omur segmentlerinde (somitler) doğuştan gelen anormallikler. - Mixed Anomaliler: Hem omur kemiklerinde hem de omur segmentlerinde anormalliklerin birlikte görüldüğü durumlar.
Nöromusküler Skolyoz	- Serebral Palsi: Beyin hasarı nedeniyle kas kontrolünde bozukluk. - Spinal Musküler Atrofi: Omurilikteki motor sinir hücrelerinin zayıflaması. - Kas Distrofisi: Kaslarda ilerleyici zayıflama ve dejenerasyon.
Dejeneratif Skolyoz	- Yaşa Bağlı Dejeneratif Skolyoz: Yaşlanmaya bağlı olarak omurga ve disklerde meydana gelen dejeneratif değişiklikler. - İdiyopatik Dejeneratif Skolyoz: Nedeni tam olarak bilinmeyen ancak yaşa bağlı dejeneratif değişikliklerle ilişkili olan skolyoz türü.
Travmatik Skolyoz	- Doğrudan Travmaya Bağlı Skolyoz: Omurga üzerindeki bir travmanın neden olduğu eğrilikler. - Travmatik Sonrası Skolyoz: Travmatik bir olayın ardından, omurga üzerinde zamanla gelişen eğrilikler.

Her bir etiyolojik tip, farklı mekanizmalara ve klinik özelliklere sahiptir. Bu sınıflandırma, skolyozun nedenini belirlemek, tedavi planını yapmak ve prognozu değerlendirmek açısından önemlidir. Tedavi ve yönetim stratejileri, altta yatan etiyolojik faktörlere göre belirlenebilir ve kişiye özgü bir yaklaşım sağlanabilir (Negrini vd 2012).

2.5. İdiyopatik Skolyoz

İdiyopatik skolyoz, en yaygın görülen skolyoz türüdür ve nedeni tam olarak bilinmemektedir. İdiyopatik terimi, hastalığın kökeninin belirsiz olduğunu ifade eder. Bu tip skolyoz, genellikle çocukluk veya ergenlik döneminde ortaya çıkar ve omurganın yanlış hizalanmasıyla karakterizedir (Champain 2004).

İdiyopatik skolyoz, yaşa bağlı olarak farklı alt tiplere ayrılır. Infantil idiyopatik skolyoz, 0-3 yaş arasında ortaya çıkan ve nadir görülen bir türdür. Juvenil idiyopatik skolyoz, 4-10 yaş arasında görülen bir diğer alt tipidir. Ergen idiyopatik skolyoz ise 11-18 yaş arasında en sık görülen ve en tanımlanabilir idiyopatik skolyoz türüdür. Ergen idiyopatik skolyoz, genellikle puberte döneminde hızla ilerleyebilir (Champain 2004).

İdiyopatik skolyozun nedeni tam olarak bilinmemekle birlikte, genetik ve çevresel faktörlerin etkileşimi düşünülmektedir. Genetik yatkınlığın rolü olduğu düşünülmekte ve bazı ailelerde skolyozun daha sık görüldüğü gözlenmektedir. Ayrıca hormonal, nöromusküler ve büyüme faktörleri gibi çevresel faktörler de skolyoz gelişimine katkıda bulunabilir (Shneerson ve Madgwick 1979). Ancak, tam olarak hangi faktörlerin skolyoz gelişimine yol açtığı henüz net olarak belirlenememiştir.

İdiyopatik skolyozun tedavisi, eğrilik derecesine, yaşa, cinsiyete, büyüme potansiyeline ve hastanın genel sağlık durumuna bağlı olarak belirlenir. Hafif eğrilik genellikle takip edilirken, orta ve şiddetli eğriliklerde korse tedavisi ve bazı durumlarda cerrahi müdahale düşünülebilir. Ergen idiyopatik skolyoz, özellikle ilerleme potansiyeli olan bir alt tip olduğundan, düzenli takip ve tedavi gerektirebilir. Tedavi sürecinde multidisipliner bir yaklaşım benimsenerek, ortopedistler, fizyoterapistler ve diğer uzmanlar arasında iş birliği yapılır (Choi vd 2011).

İdiyopatik skolyoz, omurganın yanlış hizalanmasıyla karakterize edilen karmaşık bir durumdur. İlerleme potansiyeline sahip olabilmesi ve tedavi gerektirebilmesi nedeniyle erken tanı ve uygun yönetim önemlidir. Uzman bir sağlık ekibi tarafından takip edilen bireylerde, idiyopatik skolyozun ilerlemesi kontrol altında tutulabilir ve uygun tedaviyle yaşam kalitesi artırılabilir (Lee vd 2006).

2.5.1. Adolesan idiyopatik skolyoz

Adolesan İdiyopatik Skolyoz (AİS), en sık görülen omurga eğriliği türüdür ve genellikle 10 ila 18 yaş arasındaki ergenlerde ortaya çıkar. Kızlarda erkeklere göre daha yaygın olarak görülür ve genetik yatkınlık gibi çeşitli faktörlerle ilişkilendirilmiştir, ancak kesin nedeni tam olarak bilinmemektedir (Champain 2004).

AİS'nin belirtileri birincisi omurganın eğrilmesi, omurga, sağa veya sola doğru yana doğru bükülebilir. Bu durum, omurga üzerinde "S" veya "C" şeklinde bir eğrilik oluşturabilir. İkincisi asimetri, Omuzların veya kalçaların bir tarafında yükseklik farkı veya asimetri gözlemlenebilir. Bir omuz diğerinden daha yüksek veya belirgin bir kaburga çıkıntısı görülebilir. Üçüncüsü bel ağrısı, özellikle eğrilik ilerledikçe veya omurganın dengesi bozulduğunda. Dördüncüsü omurga hareketliliğinin azalmasıdır. AİS ilerledikçe, omurga hareketliliği kısıtlanabilir ve kişi daha az esneklik hissedebilir (Stokes ve Gardner 2002).

AİS tanısı genellikle fiziksel muayene ve radyografik incelemelerle konulur. Doktor, eğrilik derecesini belirlemek için bir skolyometre veya röntgen çekimi gibi değerlendirme yöntemleri kullanabilir. Tedavi seçenekleri, eğrilik derecesine, yaşa ve hastanın genel sağlık durumuna bağlı olarak değişir (Shneerson ve Madgwick 1979; Champain 2004; Choi vd 2011).

Tedavi yöntemleri şunları içerebilir. Birincisi takip, küçük eğrilerde, doktor hastayı düzenli olarak takip edebilir ve eğrilik ilerlemesi durumunda tedaviye geçebilir. İkincisi korse tedavis, orta dereceli eğrilerde, omurga eğriliğini kontrol etmek için korse kullanılabilir. Korse, omurgayı doğru hizada tutmaya yardımcı olur ve eğriliğin ilerlemesini engellemeye çalışır. Dördüncüsü cerrahi tedavi, eğrilik çok ilerlemişse veya korse tedavisi etkili olmamışsa, cerrahi müdahale düşünülebilir. Cerrahi, omurganın düzeltilmesi ve sabitlenmesi için çeşitli tekniklerin kullanılmasını içerebilir. AİS'nin uzun vadeli prognozu genellikle iyidir. Çoğu hastada eğrilik ilerlemesi durur veya yavaşlar ve yaşam kalitesi etkilenmez. Ancak bazı vakalarda eğrilik ilerleyebilir ve omurga fonksiyonunu etkileyebilir. Bu nedenle, düzenli takip ve uygun tedavi önemlidir (Yang vd 2013).

2.6. Skolyoza Spesifik Fizyoterapi Egzersizleri

Skolyoza özgü fizyoterapi egzersizleri, bireye özel planlanan ve deformiteyi azaltmayı hedefleyen egzersizlerdir (Bettany vd 2014). Bu egzersizler, omurga üzerinde etkili olan yumuşak dokuda değişikliklere yol açarak spinal hareketlerin kontrolünü destekler. Skolyoza özgü fizyoterapi egzersizlerinin bilinen bir riski veya yan etkisi bulunmamaktadır. Randomize kontrollü çalışmalar, Skolyoza özgü fizyoterapi egzersizlerinin hafif ve orta derecedeki AİS'li çocukların tedavisinde etkili olduğunu göstermiştir (Bettany vd 2014). Skolyoza özgü fizyoterapi egzersizleri uygulayan okullar arasında Almanya'da Katharina Schroth Asklepios konsepti, Fransa'da Lyon konsepti, İtalya'da Scientific Exercise Approach to Scoliosis konsepti, İspanya'da Barcelona Scoliosis Physical Therapy School konsepti, Polonya'da Dobomed konsepti, Birleşik Krallık'ta Side Shift konsepti ve Polonya'da Functional Individual Therapy of Scoliosis konsepti bulunmaktadır (Berdishevsky vd 2016; Romano vd 2013).

2.7. Schroth Yöntemi

Schroth yöntemi, Alman fizyoterapist Katharina Schroth tarafından 1920'lerde geliştirilmiş olan bir skolyoz tedavi yöntemidir.



Şekil 2.4. Katharina Schroth kliniği, ailesi ve skolyoz hastaları

2.7.1. Schroth Tarihçe

Katharina Schroth, kendi skolyoz deneyimleriyle ilham alarak 1920'lerde omurga eğriliğini düzeltmek için özel bir egzersiz programı oluşturmuştur. Skolyoz tedavisine odaklanması ve yöntemin geliştirilmesi için kızı Christa Schroth'un da skolyoz hastası olması motivasyon kaynağı olmuştur. Katharina Schroth, skolyozun üç boyutlu bir deformite olduğunu fark etti ve üç boyutlu düzeltme tekniklerini kullanarak omurga eğriliğini düzeltmeye yönelik çalışmalar yapmaya başladı. Bu dönemde Schroth yöntemi, özel pozisyonlar, egzersizler ve solunum tekniklerini içeren bir tedavi yaklaşımı olarak şekillendi. Daha sonra, Katharina Schroth'un kızı Christa Schroth, annesinin yöntemini öğrenerek geliştirmeye ve yaygınlaştırmaya başladı. Christa Schroth, yöntemi öğrencilerine aktardı ve skolyoz tedavisinde önemli bir rol oynadı. Bu sayede, Schroth yöntemi daha geniş bir kitleye ulaştı ve dünya genelinde skolyoz tedavisinde popüler hale geldi. Katharina Schroth'un 1920'lerden itibaren geliştirdiği yöntem, kızı Christa Schroth tarafından da geliştirilerek skolyoz tedavisinde etkili bir yaklaşım haline gelmiştir. Bu yöntem, günümüzde hala kullanılan ve skolyozlu bireylerin omurga eğriliğini düzeltmeyi ve yaşam kalitesini artırmayı hedefleyen bir tedavi seçeneği olarak önemini korumaktadır (Berdishevsky vd 2016).

2.7.2. Skolyoz temel prensipleri

Schroth yöntemi, skolyoz tedavisinde kullanılan bir tedavi yaklaşımıdır ve temel prensipleri şunlardır:

Postürün düzeltimi, Schroth yöntemi, skolyozlu bireylerdeki asimetrik postürün düzeltilmesine odaklanır. Omurga eğriliği nedeniyle oluşan asimetriyi gidermek için özel pozisyonlar ve egzersizler kullanılır. Bu pozisyonlar, omurganın doğru hizalamasını teşvik eder ve postürün düzeltilmesine yardımcı olur (Berdishevsky vd 2016).

3 boyutlu düzeltme, skolyozu üç boyutlu bir deformite olarak değerlendirir ve düzeltme tekniklerini de üç boyutlu olarak uygular. Omurga eğriliğinin rotasyonel ve yan eğrilik bileşenlerini hedefleyerek omurganın düzelmesini sağlamaya çalışır. Bu, omurganın üç boyutlu düzlemini geliştirmek ve dengelemek için özel egzersizlerin kullanılmasını içerir (Berdishevsky vd 2016).

Solunum teknikleri, Schroth yönteminin temel bir bileşeni solunumdur. Doğru solunum teknikleri kullanarak göğüs kafesinin genişlemesini sağlamak ve omurga üzerindeki etkisini optimize etmek amaçlanır. Solunum egzersizleri, omurganın düzelmesi için kasları aktive etmeyi ve omurga stabilitesini artırmayı hedefler (Berdishevsky vd 2016).

Kas dengesi ve esneklik, yöntem, skolyozun neden olduğu kas dengesizliğini düzeltmek ve esnekliği artırmak için özel egzersizler içerir. Asimetrik kas grupları arasındaki dengeyi sağlamak ve skolyozlu bireyin omurga hareketliliğini geliştirmek için özel hareketler ve germe teknikleri kullanılır.

Kişiyeye özgü tedavi, Schroth yöntemi, her bireyin skolyozunun özelliklerine ve ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş bir tedavi planı sunar. Tedavi, bireysel deformiteyi ve postürü hedef alır ve tedavi programı kişiyeye özgü olarak uyarlanır. Bu, skolyozun derecesi, omurganın şekli ve bireyin fiziksel yetenekleri dikkate alınarak kişiyeye özel egzersizlerin belirlenmesini içerir.

Schroth yöntemi, skolyoz tedavisinde etkili bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir. Uzman bir fizyoterapist tarafından yönlendirilen düzenli ve uygun uygulama, omurga eğriliğini düzeltmeye ve skolyozun semptomlarını hafifletmeye yardımcı olabilmektedir (Schreiber vd 2016).

2.8. Elektromiyografi

2.8.1. EMG tarihçesi

Elektromiyografinin temelleri, 19. yüzyılın sonlarında atılmıştır. Bu dönemde, kasların elektriksel aktivitesini anlamak için çeşitli bilim adamları ve araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Elektromiyografinin erken evrelerinde, Luigi Galvani ve Alessandro Volta'nın çalışmaları önemlidir. Galvani'nin kurbağa bacakları üzerinde yaptığı deneyler, kasların elektriksel uyarılma yeteneği üzerine bilgiler sağlamıştır (Lippold 1952). İlk elektromiyografi çalışmalarından biri, 1920'lerde Edgar Adrian ve Bryan Matthews tarafından gerçekleştirildi (Adrian vd 1928). Bu çalışmada, sinirler üzerindeki elektriksel aktiviteyi ölçmek için elektrotonografi kullanıldı. Bu, sinir uyarılarını incelemek için önemli bir adımdı. 1930'larda, spike elektromiyografi geliştirildi. Bu, kaslardan gelen küçük elektriksel değişiklikleri ölçmek için kullanılan

bir yöntemdi. İlk cihazlar genellikle iğneleri kullanarak kaslardan elde edilen sinyalleri amplifikasyon ve kayıt için kullanıyordu (Bigland 1981).

Elektromiyografinin daha gelişmiş ve modern hale gelmesi, 1950'ler ve 1960'lar boyunca gerçekleşti. Amplifikasyon, filtreleme ve olay kaydı tekniklerindeki gelişmeler, elektromiyografinin daha hassas ve güvenilir hale gelmesine katkıda bulundu (Cram 2003). 1970'lerde, yüzey elektromiyografi teknolojisinin geliştirilmesiyle birlikte, daha az invaziv bir yöntem olarak popülerlik kazandı. Bu, kas aktivitesini ölçmek için cilde yapıştırılan elektrotları kullanarak yapılan bir yöntemdir. Bugün, elektromiyografi birçok tıbbi durumun tanısında ve tedavisinde kullanılan yaygın bir yöntemdir. Gelişmiş teknoloji ve bilimsel araştırmalar, elektromiyografinin kullanımını daha da iyileştirmiştir (Cram 2003).

2.8.2. Elektromiyografi teknikleri

Elektromiyografi (EMG), kasların elektriksel aktivitesini ölçmek amacıyla kullanılan bir tıbbi test yöntemidir. Bu yöntem genellikle sinir sistemi ve kas fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kullanılır. İğne EMG, yüzey EMG (sEMG), konsantrik İğne EMG, yutma EMG, nörografi, repetitif uyarım tekniği, monopolar ve bipolar EMG gibi çeşitli alt türleri içerir. Bu teknikler, kas ve sinir sistemine dair çeşitli durumların tanı ve değerlendirmesinde kullanılır. Hangi teknik veya kombinasyonun seçileceği, özel klinik duruma, hastanın semptomlarına ve hekimin ihtiyaçlarına bağlı olarak değişebilir (Kupa vd 1995; Sundelin ve Hagberg 1989).

2.8.3. Yüzey elektromiyografi (sEMG)

sEMG, kasların elektriksel aktivitesini ölçmek için kullanılan bir tıbbi görüntüleme ve değerlendirme tekniğidir. Bu yöntem, vücut üzerine yerleştirilen elektrotlar aracılığıyla kasların yüzeyinden elde edilen elektriksel sinyalleri kaydederek çalışır. sEMG, kas aktivitesini ve kas liflerinin koordinasyonunu değerlendirmek amacıyla genellikle nörolojik ve kas-iskelet sistemi hastalıklarının tanısında ve tedavi süreçlerinin izlenmesinde kullanılır (Stegeman vd 2000; Donaldson vd 2003). Non-invaziv bir teknik olması, hastanın konforu ve kullanım kolaylığı nedeniyle sEMG, rehabilitasyon, spor performansı değerlendirmesi, ergonomi çalışmaları ve biomekanik araştırmalarda da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yüzey EMG'nin bu çeşitli uygulamaları, kas aktivitesiyle ilgili bilgilerin non-invaziv ve gerçek zamanlı olarak elde edilmesini sağlar, bu da klinik değerlendirme ve tedavi planlaması için önemli bir kaynak sağlar (Stegeman vd 2000; Donaldson vd 2003).

2.8.3.1. sEMG gürültü kaynakları

sEMG sinyalleri, çeşitli gürültü kaynaklarından etkilenebilir. Bu gürültü kaynakları hareket ertefaktı, elektromanyetik girişimler, deri impedansı değişiklikleri, gözenekli elektrot problemleri ve kas dışı elektromiyografik aktivitedir (Luca 2006).

Hareket artefaktları, elektrotların vücut üzerindeki yerleşimi sırasında veya kayıt sırasında oluşan fiziksel hareketler, sEMG sinyallerine yanlış bir etki yapabilir. Hasta veya denek hareket ettiğinde, bu hareketler kas aktivitesi olmadığı halde sEMG sinyallerine karışabilir (Conforto vd 1999).

Elektromanyetik girişimler çevresel elektromanyetik alanlar, özellikle elektrikli cihazlar tarafından üretilen elektromanyetik gürültü, sEMG sinyallerini etkileyebilir. Elektrikli cihazların yakınında kaydedilen sinyallerde istenmeyen dalgalanmalar olabilir (Clancy vd 2002).

Deri impedansı değişiklikleri, elektrotların deriyle temasında veya elektrotların yerleştirildiği bölgedeki deri koşullarındaki değişiklikler, sEMG sinyallerini etkileyebilir. Deri altındaki yağ miktarı, deri direnci ve nem düzeyi gibi faktörler sinyal kalitesini etkileyebilir. Gözenekli elektrot problemleri, elektrotların yüzeye uygun şekilde yerleştirilememesi veya elektrotların yüzeyine hava kabarcıkları sıkışması gibi durumlar, sEMG sinyallerinde gürültüye neden olabilir (Kappenman ve Luck 2010).

Kas dışı elektromiyografik aktivite, kaydedilen sEMG sinyalleri, hedef kasın dışındaki diğer kaslardan veya kas dışı kaynaklardan gelen elektriksel aktivitelerle karışabilir (Kappenman ve Luck 2010).

2.8.3.2. sEMG sinyal analizleri

sEMG, kasların elektriksel aktivitesini ölçmek ve analiz etmek için kullanılan bir tekniktir. sEMG verilerinin analizi genellikle üç temel kategoride yapılır: genlik, frekans ve zaman analizleri (Reaz vd 2006).

Genlik analizleri, sEMG verilerinin kas aktivitesinin büyüklüğünü değerlendirmek için kullanılan önemli bir araçtır. Bu analizler arasında ortalama karekök (RMS) ölçümü, sinyalin etkili genliğini belirleyerek kas aktivitesinin genel seviyesini değerlendiren RMS, sinyaldeki dalgalanmaların karelerinin ortalaması alınarak elde edilir. Zirve genlik analizi ise sEMG sinyalinin en yüksek değerini ölçerek, kasın maksimum aktivite düzeyini yansıtır. Bu, kasın ne kadar güçlü bir şekilde aktive olduğunu anlamak için önemlidir (Nazmi vd 2016; Kehri vd 2016).

Frekans analizleri, sEMG verilerinin içerdiği frekans bileşenlerini inceleyerek kas aktivitesinin frekans karakteristiklerini anlamak için kullanılan bir analiz yöntemidir. Fourier analizi veya spektral analiz gibi tekniklerle sEMG sinyalinin frekans dağılımı belirlenir. Bu analizler, kas aktivitesinin hangi frekanslarda gerçekleştiğini belirlemek, kas kontrol mekanizmalarını anlamak ve özellikle kas yorgunluğu gibi durumları değerlendirmek amacıyla önemlidir. Yüksek frekanstaki bileşenler genellikle kas kontraksiyonlarına, düşük frekanstaki bileşenler ise kas tonusuna ilişkilidir. Frekans analizleri, sEMG'nin spesifik frekans karakteristiklerini belirleyerek, kasın aktivasyonu ve kontrolü hakkında kapsamlı bilgi sağlar. Bu analizler, rehabilitasyon, spor performansı ve nöromusküler hastalıkların değerlendirilmesi gibi birçok uygulama alanında kullanılır (Alemu vd 2003).

Zaman analizleri, sEMG verilerini zaman içindeki değişiklikleri inceleyerek kas aktivitesinin dinamik özelliklerini değerlendiren bir analiz yöntemidir. Kasın aktivasyon zamanlamasını, kas kasılma ve gevşeme süreçlerini detaylı bir şekilde anlamak için kullanılır. Ayrıca, bu analizler, kas aktivitesinin değişkenliklerini, kas kontrolü ve koordinasyonunu inceleyerek, kas fonksiyonlarına dair kapsamlı bir bilgi sağlar (Kilby ve Prasad 2013).

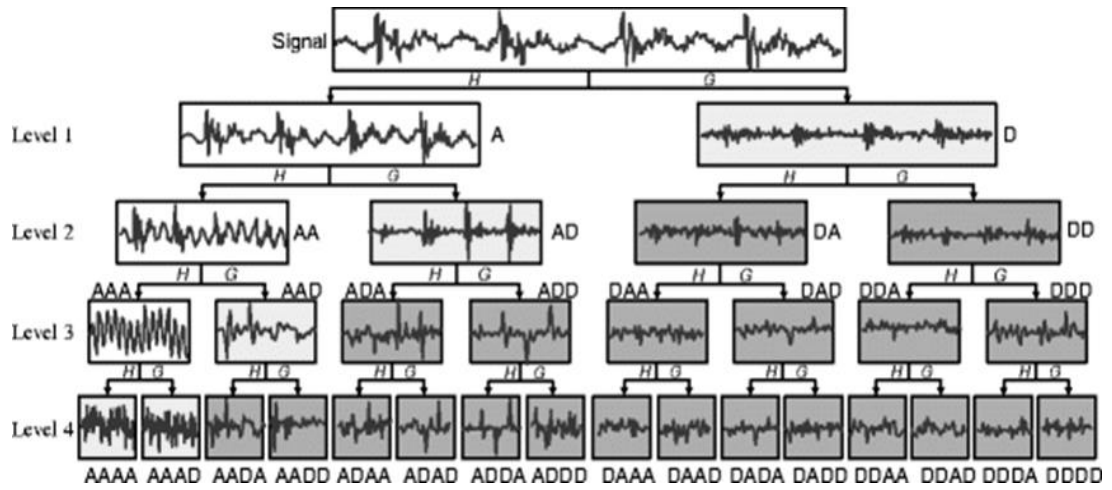
sEMG sinyal analizleri hem zaman hem de frekans alanı yaklaşımları (ve ikisinin bir kombinasyonu) denenmiştir. Sinyalin düzeltilmesi, sinyalin "integrasyonu", sıfır geçiş sayımı, hızlı Fourier dönüşümü (HFT) ve kısa süreli Fourier dönüşümü (KSFD) gibi araçlar temel oluşturabilir. Sinyalin düzeltilmesi, sinyalin "göreceli gücünü" ve kasın "göreceli kasılma gücünü" ölçmek için uygun bir araçtır. HFT ve KSFD, sEMG spektrumunu ve kas yorgunluk durumu, motor ünitelerin boyutu, motor üniteler arasındaki senkronize aktivite ve kasın uyarılma hızı ile ilgili bilgileri sağlar (Kilby ve Prasad 2013).

Durağan olmayan sinyallerin analizi için zaman ölçeği yöntemleri (dalgacık dönüşümü) kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümü, "dalgacık fonksiyonu" adı verilen bir temel fonksiyona göre bir sinyali çeşitli çoklu çözünürlüklü bileşenlere ayrıştırır. "Dalgacık fonksiyonu", zaman alanı sEMG sinyali ile iki boyutlu bir çapraz korelasyon gerçekleştirerek zaman içinde hem genişletilir hem de çevrilir. Bu yöntem, durağan olmayan bir sinyal içindeki kısa süreli bileşeni tespit etmek ve karakterize etmek için bir araç sağlayan matematiksel bir mikroskop olarak görülebilir. Sinyalin zaman-frekans değişimine ilişkin bilgi sağlayan bir tekniktir. Görüntüler, konuşma ve biyosinyaller için veri sıkıştırma ve özellik geliştirmede çok sayıda uygulama bulmuştur (Chui 1992; Daubechies 1992; Amara 1995; Dickhaus 1996). Geçmişte yazarlar yorgunluk için sEMG'yi sınıflandırmak amacıyla dalgacık dönüşümleri ve sinir ağlarını başarıyla kullanmışlardır (Kumar ve Pah 2000).

2.9. Dalgacık paket dönüşümü

Dalgacık paket dönüşümü (DPD), sinyal analizi ve işleme alanında kullanılan bir matematiksel dönüşüm tekniğidir. Bu yöntem, sinyalin frekans ve zaman özelliklerini ayrıntılı bir şekilde analiz etmeye ve temsil etmeye olanak tanır. Dalgacık dönüşümünü daha da genişleterek sinyalin frekans ve zaman özelliklerini daha ayrıntılı bir şekilde inceleme yeteneği sunar. Dalgacık paket dönüşümü, sinyali birçok alt bant veya dalgacık paketi altında ayrıştırarak her bir paketi ayrı ayrı analiz etme yeteneğiyle öne çıkar. İlk olarak, sinyal, ana dalga paketi olarak adlandırılan bir dalgacık ile ayrıştırılır. Daha sonra, bu ana paket, alt paketlere bölünür. Her bir alt paket, sinyalin belirli frekans ve zaman özelliklerine sahip alt bileşenlerini temsil eder. Bu alt bileşenler, sinyalin farklı frekans aralıklarındaki bileşenlerini ve zaman içindeki değişimlerini yakalamak üzere tasarlanmış farklı dalgacıkları içerir (Misiti vd 1996; Gao vd 2011).

Dalgacık paket ağacı, DPD sırasında oluşturulan bir hiyerarşik yapıyı temsil eder. Bu ağaç, sinyalin farklı frekans bileşenlerini ve zaman bölgelerini temsil eden alt paketlere ayrıştırılarak oluşturulur. İlk aşamada, sinyal ana dalga paketi olarak adlandırılan bir dalgacık ile bölünür. Daha sonra, bu ana dalga paketi altında yer alan alt paketlere bölünür. Her bir alt paket, belirli bir frekans aralığını ve zaman aralığını temsil eder. Bu bölünme işlemi, her alt paketi iki alt bileşene ayıran bir dalga paketi ağacı şeklinde devam eder. Her seviyede oluşturulan alt paketler, sinyalin farklı frekans ve zaman özelliklerini yansıtarak daha ayrıntılı bir analiz sağlar. Bu hiyerarşik yapı, sinyalin spektral içeriğini ve zaman içindeki değişiklikleri daha ayrıntılı bir şekilde anlamak için kullanılır. Dalgacık paket ağacı, ses işleme, görüntü işleme, biyomedikal mühendislik ve sinyal analizi gibi birçok uygulama alanında kullanılan güçlü bir araçtır. Şekil 2.5'de dalgacık paket ağacı verilmiştir (Gao vd 2011).



Şekil 2.5. Dalgacık paket ağacı

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Etik

Bu tez çalışmasında, Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 70904504/271 numaralı onayla yürütülmüştür. Etik kurul, çalışmanın yürütülmesi ve veri toplama sürecinin etik kurallara uygun olduğunu ve katılımcıların haklarının korunduğunu doğrulamıştır. Veri toplama sürecinde, çalışmaya katılan tüm bireylerden ve ebeveynlerinden bilgilendirilmiş onam formları alınmıştır. Bu formlar, katılımcılara çalışmanın amacı, süreci, olası riskleri ve faydaları hakkında detaylı bilgi verilerek, katılım konusunda gönüllü ve bilinçli bir karar vermeleri sağlanmıştır. Gizlilik ve mahremiyet prensiplerine de özen gösterilmiş, veriler gizli tutulmuş ve sadece çalışmanın amaçları doğrultusunda kullanılmıştır. Etik kurul onayıyla yürütülen bu çalışma, etik standartlara uygunluğuyla birlikte bilimsel geçerliliğini de güçlendirmektedir.

Çizelge 3.1. Sağlıklı bireylerin ve katılımcıların demografik özellikleri

	Sağlıklı Bireyler	YB-AİS Bireyler	US-AİS Bireyler	AİS Bireyler
Katılımcı Sayısı	16	9	8	17
Cinsiyet	8 Kız 8 Erkek	6 Kız 3 Erkek	6 Kız 2 Erkek	12 Kız 5 Erkek
Yaş	13,81 ± 1,6	12,88 ± 1,96	14,12 ± 3,39	13,47 ± 2,71
Boy	1,62 ± 0,095	1,6 ± 0,091	1,62 ± 0,14	1,61 ± 0,117
Kilo	54,56 ± 8,62	46,44 ± 10,73	59,25 ± 22,62	52,62 ± 18,6
BMI (body mass index)	20,46 ± 1,96	18,04 ± 3,68	21,89 ± 6,5	18,02 ± 3,47
Cobb Açısı	-	13,10 ± 8,64	12,37 ± 7,9	12,74 ± 8,64
Risser Sign	-	0 – 5	0 – 5	0 – 5

3.2. Katılımcı Bireylerin Bilgileri

3.2.1. Sağlıklı bireyler

Bu araştırmada sağlıklı bireyler adolesan çağındaki bireyleri oluşturmaktadır. Adolesan yaş grubunda (yaş aralığı 11-16) olan sağlıklı bireyler 8 erkek ve 8 kız toplam 16 kişidir. Sağlıklı bireyler, omurga problemlerine sahip olmamalı ve herhangi bir kronik hastalık veya rahatsızlıkla ilişkili belirtiler göstermemektedir. Sağlıklı bireyler, yaş, cinsiyet ve diğer demografik faktörler açısından AİS bireyler ile benzerlik göstermektedir. Tablo 1’de sağlıklı bireylerin demografik özellikleri bulunmaktadır. Bu gruptaki bireyler, skolyoz hastalığına sahip olmadıkları için omurga sağlığı açısından normal kabul edilmektedir. Sağlıklı bireylerin katılımı, skolyozun nedenleri, etkileri ve tedavi yöntemleri üzerine daha kapsamlı bir değerlendirme yapabilmek için önemli bir referans noktası sağlamaktadır. Araştırmanın sonuçlarının skolyozlu bireylerle karşılaştırılmasında ve hastalığın etkilerinin belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır.

3.2.2. AİS bireyler

Bu araştırmada, toplamda 17 Adolesan İdiyopatik Skolyozlu (AİS) birey katılmıştır. Bu bireyler üç gruba ayrılmıştır: Schroth egzersizine yeni başlayan AİS bireyler (YB-AİS), uzun süredir Schroth egzersizi yapan AİS bireyler (US-AİS) ve çalışmaya katılan tüm AİS bireyler. AİS bireylerin demografik özellikleri Tablo 1’de sunulmuştur ve ayrıca Tablo 1’de primer Cobb açısı değerleri de verilmiştir. US-AİS bireyler, 6 ay ile 2 yıl arasında Schroth egzersizine devam eden ve ev egzersizlerini de yapan bireylerdir. Bu grup egzersize adapte olmuş durumda ve düzenli olarak egzersizlerini sürdürmektedir. YB-AİS bireyler ise Schroth egzersizine yeni başlayan veya 1 aydan daha az süredir seanslara katılan bireylerdir. İki grup arasında demografik özellikler açısından benzerlikler bulunmaktadır.

US-AİS bireylerle yapılan görüşmeler ve radyolojik incelemeler sonucunda, bazılarının omurga eğrilerinin ilerlemesinin durduğu, bazılarında ise gerileme olduğu ebeveynleri tarafından belirtilmiştir. Çalışmaya dahil edilen US-AİS bireyler, egzersizlere devam etmeleri gereken ve omurga eğriliği devam eden bireyler arasından seçilmiştir. Bu grup, YB-AİS bireylerle birlikte değerlendirme yapılırken fikir vermiştir. YB-AİS bireyler, skolyoz tanısı yeni konmuş ve Schroth egzersizine başlamaya hazırlanan veya seanslara 1 aydan daha az süredir katılan bireylerdir.

US-AİS ve YB-AİS bireyler birleştirilerek üçüncü bir grup oluşturulmuştur. Bu üçüncü grup, sağlıklı bireylerle karşılaştırılarak vücudun ön ve arka kas bölgelerindeki 3 boyutlu omurga deformitelerinden kaynaklanan değişimleri incelemiştir. Ayrıca, Schroth egzersizinin sağlıklı bireylerle skolyozlu bireylerde etkin kas bölgelerini içeren bir çalışma olmuştur.

3.3. Dahil edilme ve dışlanma kriterleri

Bu araştırmada, dahil edilme ve dışlanma kriterleri belirlenmiştir. Bireylerin dahil edilme ve dışlanma kriterleri aşağıda verilmiştir.

Sağlıklı bireylerin dahil edilme kriterleri, belirli şartları içermektedir. İlk olarak, adayın adolesan dönemde olması gerekmektedir, yani 10-16 yaşları arasında olmalıdır. Bunun yanı sıra, adayın kronik bir rahatsızlığa sahip olmaması ve postür bozukluğu bulunmaması önemli bir faktördür. Ayrıca, omurga deformitesine sahip olmamak da dahil edilme kriterleri arasında yer almaktadır. Son olarak, bu sürece katılma kararının alınabilmesi için ebeveyn onayının sağlanmış olması gerekmektedir.

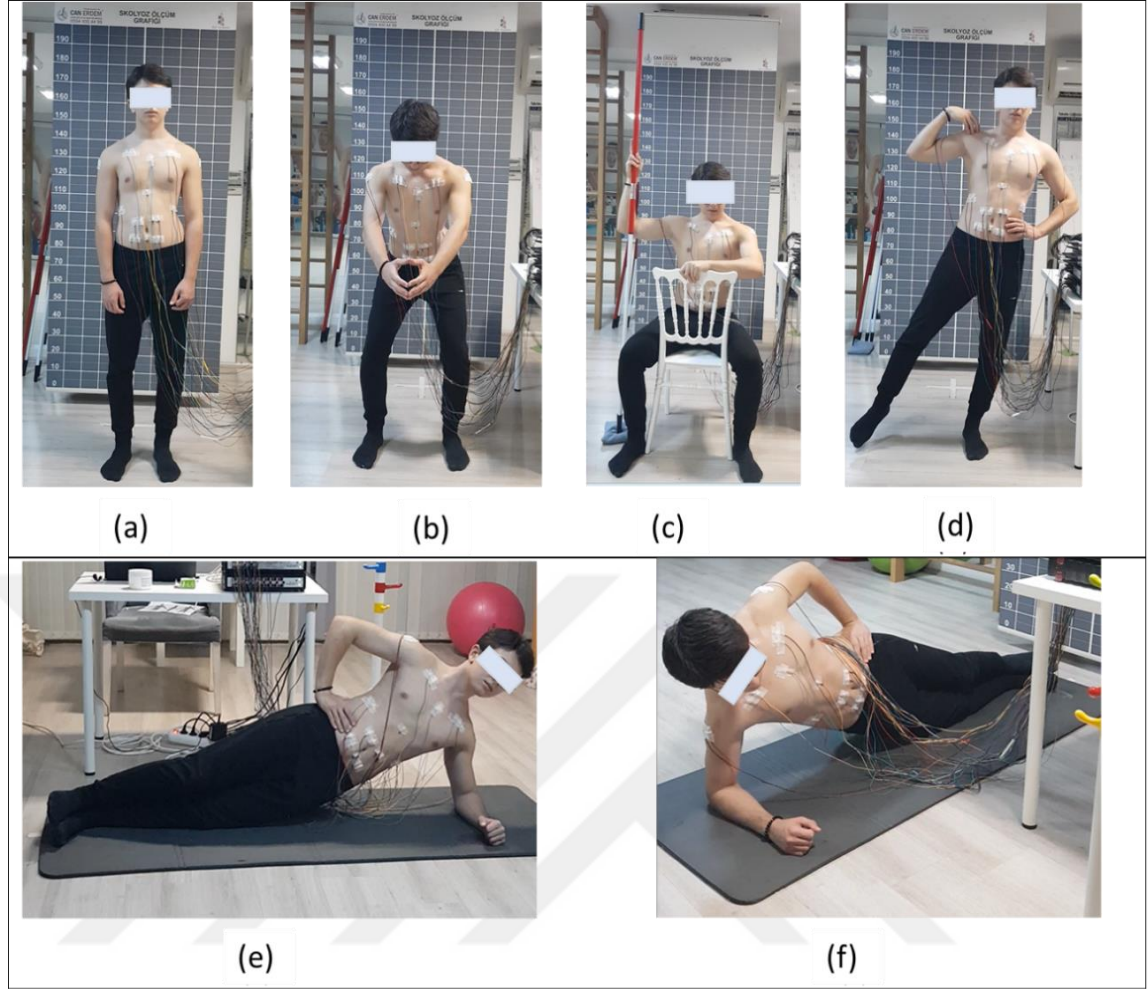
Sağlıklı bireylerin dahil edilmesi için belirlenen kriterlerin yanı sıra, dışlanma kriterleri de titizlikle değerlendirilmelidir. Öncelikle, çalışmanın akışında %100 katılım sağlayamayan bireyler bu kriterlere uymamaktadır. Ayrıca, egzersizleri tamamlayamayan veya eksik yapan bireyler de dışlanma kriterleri içinde değerlendirilmektedir. Özellikle, çalışmanın amacını etkileyebilecek düzeyde eksiklikler gösteren bu bireylerin dahil edilmesi genellikle uygun görülmemektedir. Son olarak, çalışmada yer alan AİS bireylerle demografik özelliklerinde anlamlı farklılıklar bulunan bireyler de dışlanma kriterine tabi tutulabilir.

AİS bireylerin dahil edilme kriterleri belirli şartlara tabi tutularak belirlenmiştir. İlk olarak, adayın adolesan dönemde, yani 9-18 yaşları arasında olması gerekmektedir. Ayrıca, adolesan idiopatik skolyoz tanısı konulmuş olması, AİS dışında bilinen herhangi bir kronik rahatsızlığa sahip olmaması da dahil edilme kriterleri arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra, adayın daha önce skolyoz cerrahi tedavisi görmemiş olması ve çalışmaya %100 katılım sağlaması önemlidir. US-AİS bireyler için özel olarak, 6 ay ile 2 yıl arasında düzenli olarak Schroth egzersizi yapmış olmaları gerekmektedir. Diğer bir alt grup olan YB-AİS bireyler için ise, skolyoz tanısı yeni konulmuş ve egzersize başlayacak veya en fazla 1 aydır egzersize gelen bireyler dahil edilmektedir. Son olarak, tüm bu kriterlere uygun adayların adolesan dönemde olmaları nedeniyle ebeveyn onayının da alınması gerekmektedir.

AİS bireylerin dışlanma kriterleri, çalışmanın sağlıklı ve güvenilir bir şekilde yürütülebilmesi için belirli şartlara dayanmaktadır. Öncelikle, çalışmanın akışında %100 katılım sağlayamayan bireyler dışlanma kriterleri içinde bulunmaktadır. Ayrıca, egzersizleri tamamlayamayan veya eksik yapan bireylerin de bu kriterlere uymadığı değerlendirilmektedir. Dışlanma kriterleri arasında konjenital veya nöromüsküler skolyoz bulunan bireyler yer almaktadır. Onkolojik hastalıklar, romatolojik, kardiovasküler ya da pulmoner hastalıklar gibi ciddi sağlık sorunlarına sahip bireyler de çalışma dışında bırakılmaktadır. Zihinsel engellilik veya bilişsel bozukluk tanısı alan bireyler ile nörolojik ve kognitif bozukluklar gibi AİS dışında bilinen rahatsızlıklara sahip olanlar da dışlanma kriterlerine dahil edilmektedir. Bu detaylı dışlanma kriterleri, çalışmanın odaklanan grup içinde tutarlı ve güvenilir veri elde etme amacıyla belirlenmiştir.

3.4. Schroth Egzersizleri

Araştırmamızda bütün bireyler için ortak Schroth Egzersizlerinin seçimi için AİS bireylerin omurgadaki eğrilerin sınıflandırılması gerçekleştirildi. Uzman hekim ve fizyoterapist tarafından röntgen ve postüral inceleme sonuçlarına dayanılarak yapıldı. Bu değerlendirme süreci, primer eğri (ana skolyoz eğrisi), buna eşlik eden sekonder eğri ve vücut ağırlık merkezindeki değişiklikleri içermektedir. Toplam da 6 egzersiz seçilmiştir.



Şekil 3.1. a) Dik durma; b) Basic tension; c) Shoulder Counter Traction (SCT); d) Muscle Cylinder; e) Sol Plank; f) Sağ Plank

3.4.1. Egzersiz A

Şekil 3.1a’da gösterilen dik durma (nötral) hareketidir. Ayakta dik durma hareketinde, omuz başlıkları yere paralel olacak şekilde omuz hizalaması yapılır. Kalça hizalaması da yer paralel olacak şekilde olmalıdır. Sağ ve sol kol simetrik şekilde vücudun yanlarında tutulur. Baş karşıya doğru konumlanır.

3.4.2. Egzersiz B

Şekil 3.1b ’de gösterilen basic tension egzersizidir. Ayaklar üzerine yük bindirilirken, dizler bükülerek ve kalça geriye doğru itilerek omuz genişliğinde pozisyon alınır. Pozisyon sabit kalır iken derin bir diyaframik solunum yapılır ve nefes alırken karın şişer, nefes verirken karın içeri doğru çekilir.

3.4.3. Egzersiz C

Şekil 3.1c ’de gösterilen SCT egzersizidir. Sandalyeye ters şekilde oturulur. Sağ elde sopa tutulur ve sol el vücuda paralel şekilde sandalye başlığından tutulur. Sağ

dirsek ile omuz yere paralelliği bozulmadan vücuda doğru itilir. Bu sırada sol dirsek ve el yere paralel şekilde sandalye başlığında, vücuda doğru itme kuvveti gerçekleştirilir. Dinlenmede derin nefes alınır ve hareket esnasında nefes yavaşça verilir.

3.4.4. Egzersiz D

Şekil 3.1d 'de gösterilen muscle cylinder egzersizidir. Ayakta iken sağ ayak havada sol ayak yerde ve ağırlık sol ayak üstünde tutulur. Şekil 1 (D)' deki gibi sağ el omuzda, sol el ise belden kavrar. Sağ omuzdan vücuda doğru itme hareketi yapılırken, kalçada sağ dışa doğru itme hareketi uygulanır. Dinlenmede derin nefes alınır ve hareket esnasında nefes yavaşça verilir.

3.4.5. Egzersiz E

Şekil 3.1e 'de gösterilen sol plank egzersizidir. Lateral pozisyonda yatılır ve sol dirsek kullanarak vücut yukarı kaldırılır. Böylece sadece sol dirsek ve sol ayak yere temas edecek şekilde bir plank pozisyonu oluşturulur. Sağ el belde durarak yanal denge sağlanmalıdır.

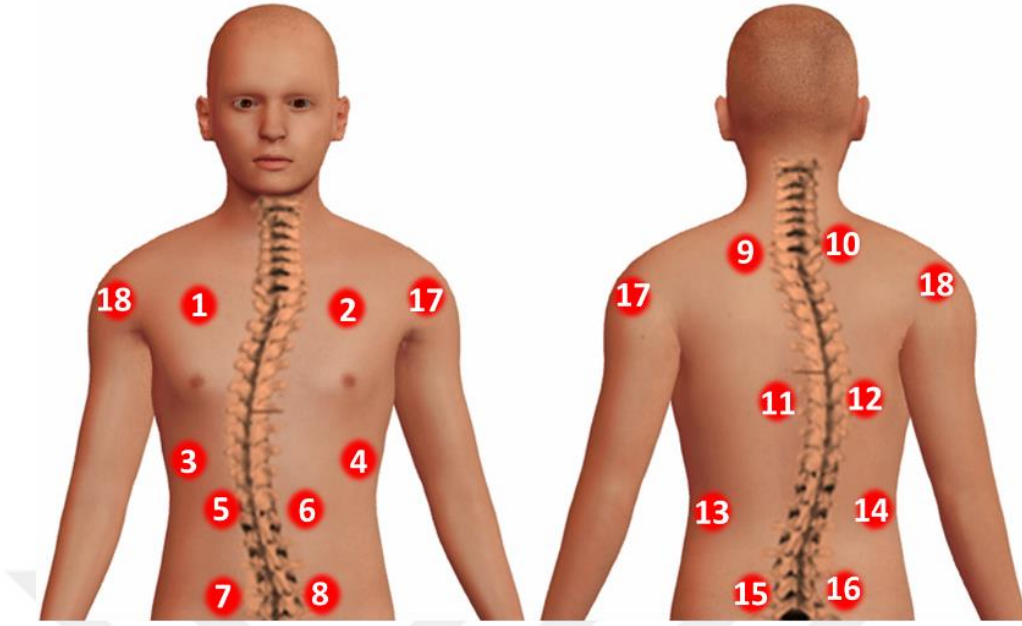
3.4.6. Egzersiz F

Şekil 3.1f 'de gösterilen sol plank egzersizidir. Lateral pozisyonda yatılır ve sağ dirsek kullanarak vücut yukarı kaldırılır. Böylece sadece sağ dirsek ve sağ ayak yere temas edecek şekilde bir plank pozisyonu oluşturulur. Sol el belde durarak yanal denge sağlanmalıdır.

3.5. EMG Kayıt Aşaması

sEMG kayıtları için Biyopotansiyel yükselteç ve ADInstruments PowerLab 35/8 ve 35/16 veri toplama sistemleri kullanılmıştır. Kayıtlar için 9 mm çapında bipolar elektroensefalografi elektrotları tercih edilmiştir. Bu elektrotlar, yüzey EMG aktivitesini hassas bir şekilde ölçmek için kullanılmıştır. Biyopotansiyel yükselteç ve PowerLab sistemleri, verilerin güvenilir bir şekilde kaydedilmesini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Bu donanımlar, yüksek kaliteli EMG verilerinin elde edilmesi için gerekli olan ölçüm ve kayıt işlemlerini gerçekleştirmektedir.

sEMG kayıtların elektrot düzeneği Şekil 3.2'de gösterildiği şekilde oluşturulmuştur. Vücudun ön 1,2,3,4,5,6,7,8 numaralı kanallar, vücudun arka tarafına 10,11,12,13,14,15,16 numaralı kanallar kullanıldı. Sol omuza 17. kanal, sağ omuza 18. kanal kullanılmıştır. Vücudun ön tarafından bakıldığında tek numaraya sahip kanallar vücudun sağ tarafına, çift numaraya sahip kanallar vücudun sol tarafında takılmıştır. Vücudun arka tarafından bakıldığında tek numaralı kanallar vücudun sol tarafına, çift numaralı kanallar vücudun sağ tarafına takılmıştır. 1 ve 2 numaralı kanallar pectoralis major kaslarına, 3 ve 4 numaralı kanallar external oblique kaslarına, 5,6,7 ve 8 numaralı kanallar rectus abdominis kaslarına, 9,10,11 ve 12 numaralı kanallar trapezius kaslarına, 13 ve 14 numaralı kanallar yanal latissimus dorsi kaslarına, 15 ve 16 numaralı kanallar latissimus dorsi kaslarına ve 17 ile 18 numaralı kanallar ise deltoid kaslarına takılmıştır.



Şekil 3.2. sEMG kaydı için belirlenen kanal pozisyonu

Şekil 3.1’de belirtilen egzersizler uygulandığı esnada tüm bireylerden sEMG (Yüzey Elektromiyografi) kayıtları toplanmıştır. Çizelge 3.1’de verilen egzersizlerin başlama-dinlenme-bitiş süreleri disiplinli bir şekilde yapılması için belirlenmiştir. Bu sürelerin kayıt esnasında bireylerin egzersizleri olabildiğince stabil yapılabilmesi için, bir ara yüz tasarlandı. Ekrana yansıtılan bu ara yüzde kayıt alınan bireylerin komutları Tablo 3’ de verilmiştir. Bu ara yüzde hareketi yapan bireye ekrandan görsel ve hoparlör ile işitsel takip etmesi sağlandı. sEMG kayıtları, 2000 Hz örnekleme frekansı ile gerçekleştirilmiştir. Egzersizler sırasında kas aktivitesini ölçmek ve analiz etmek amacıyla sEMG kayıtları alınmıştır. Yüksek örnekleme frekansı, kasların elektriksel aktivitesini hassas bir şekilde kaydetmek için kullanılmıştır. Veriler, egzersizlere eşlik eden sEMG kayıtlarının analizi için kullanılmıştır.

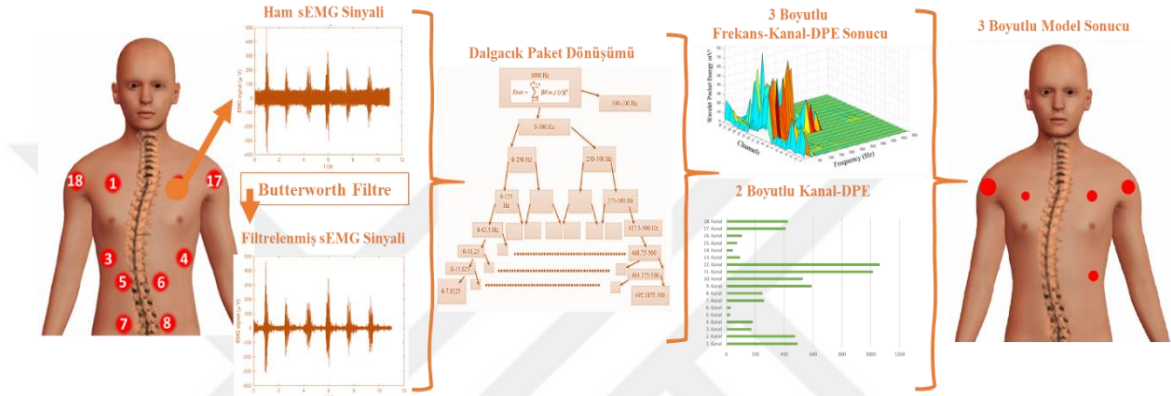
Çizelge 3.2. Kayıt aşamasında ara yüzün komutları ve süreleri**Schroth Egzersizleri****Ara yüz komutları**

Egzersiz A	Sesli Komut	Başlıyoruz		Sabit		Bitirelim
	Komut Süresi	4 saniye		20 saniye		
Egzersiz B	Sesli Komut	Başlıyoruz	Nefes Al	Nefes Ver	...	Bitirelim
	Komut Süresi	4 saniye	4 saniye	5 saniye	(Egzersiz yapılır) 3 kez daha	
Egzersiz C	Sesli Komut	Başlıyoruz	Nefes Al	Nefes Ver	...	Bitirelim
	Komut Süresi	4 saniye	3 saniye	6 saniye	(Egzersiz yapılır) 3 kez daha	
Egzersiz D	Sesli Komut	Başlıyoruz	Nefes Al	Nefes Ver	...	Bitirelim
	Komut Süresi	4 saniye	3 saniye	6 saniye	(Egzersiz yapılır) 3 kez daha	
Egzersiz E	Sesli Komut	Başlıyoruz	Plank başlayalım ve bekleyelim			Bitirelim
	Komut Süresi	4 saniye	15 saniye			
Egzersiz F	Sesli Komut	Başlıyoruz	Plank başlayalım ve bekleyelim			Bitirelim
	Komut Süresi	4 saniye	15 saniye			

3.6. EMG Analizi

3.6.1. Ham sEMG verilerinin filtrelenmesi

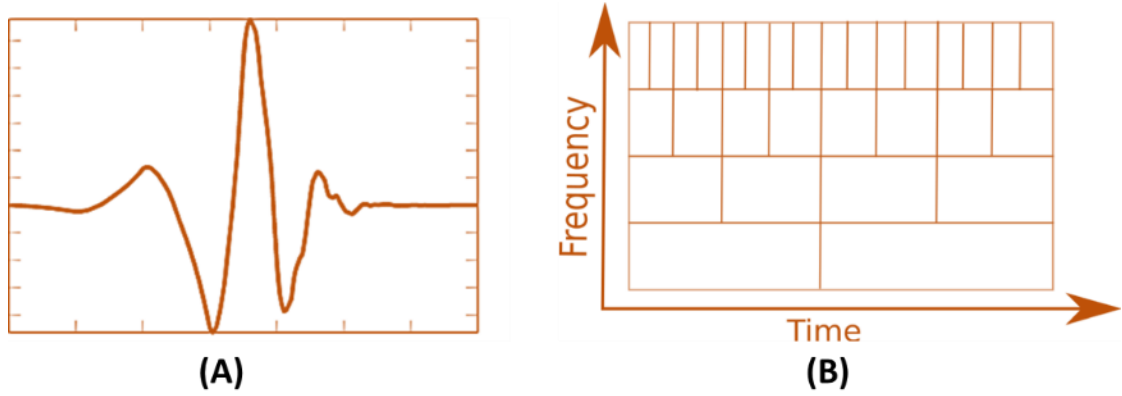
Ham sEMG verileri analiz edilirken, Butterworth Filtre Modeli (6. Derece) kullanılmıştır. Bu filtre modeli, verilerin istenmeyen frekans bileşenlerinden arındırılmasında etkili olmuştur. Analiz sürecinde, 5 Hz Yüksek Geçiren Filtre ve 500 Hz Alçak Geçiren Filtre kullanılmıştır. Yüksek geçiren filtre, düşük frekanslı gürültüyü ortadan kaldırmak için kullanılırken, alçak geçiren filtre yüksek frekanslı gürültüyü elemek amacıyla kullanılmıştır. Bu filtreleme işlemleri, sEMG verilerinin istenmeyen bileşenlerden arındırılmasını sağlamış ve analiz sürecinin güvenilirliğini artırmıştır.



Şekil 3.3. Çalışma diyagramı

3.6.2. Dalgacık dönüşümü

Dalgacık dönüşümü, dalgacığın en önemli parametre olduğu bir dönüşüm yöntemidir. Bu yöntemde dalga fonksiyonları, Fourier dönüşümünde kullanılan pencere fonksiyonunun işlevini yerine getirir. Bir fonksiyonun dalga olabilmesi için süresinin sonlu ve ortalama değerinin sıfır olması gerekir. Dalga fonksiyonu, genlik ekseninde boyunca pozitif ve negatif olarak salınır ve zaman ilerledikçe genlik sıfıra yaklaşır ve ardından sıfır olur. Normal bir dalga fonksiyonu, genlik ekseninde sürekli olarak salınır ve süresi sonsuzdur. Bu nedenle dalga ve dalgacık kavramları farklıdır. Dalgacık dönüşümünde kullanılan ana dalgacık fonksiyonlarının farklı özellikleri ve kullanımları vardır.



Şekil 3.4. a) Çalışmamızda kullanılan daubechies; **b)** Ölçek-zaman alanı

Bu çalışmada dalgacık dönüşümünde daubechies (7. derece) dalgacığı kullanılmıştır. Şekil 3.4a'da daubechius dalgacığı verilmiştir. Şekil 3.4b'de dalgacık dönüşümü yönteminin ölçek-zaman alanı gösterilmiştir.

DPD için, ölçekleme fonksiyonunu $W_0(t)$, dalgacık fonksiyonunu $W_1(t)$ ve her bir seviyedeki düğüm indeksi j ile ifade edilir. Alçak geçiren filtreler $W_{2j}(t)$ ve yüksek geçiren filtreler $W_{2j+1}(t)$ şeklinde tanımlanırken, dalgacık paketler arasındaki bağlantının bir genellemesi üç indeksli $W_j(t)$ fonksiyonu Denklem 6 ile hesaplanabilir.

$$W_{m,j,n}(t) = 2^{-m/2} W_j(2^{-m}t - n) \quad (3.1)$$

Seviye indeksi $j, j \in N$, zamanda kaydırma parametresi n ve ölçekleme parametresi m ise $(m, n) \in Z^2$ olarak tanımlıdır. Her bir düğüm için, dalgacık paket dönüşümünde ortalama karekök (RMS) değeri, Denklem 7'deki gibi her bir düğüm için hesaplanır.

$$W_{RMS,m,j} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |W_{m,j}(n)|^2} \quad (3.2)$$

$W_{m,j,n}(t)$ yeniden yapılandırılmasıyla hesaplanan $W_{m,j}(n)$ 'nin kareleri toplamının, $W_{m,j}(n)$ 'nin uzunluğuna bölünmesi sonucu elde edilen karekök değeridir. Dalgacık paketi dönüşümünde her bir düğüm için RMS değerinin hesaplanmasının ardından, toplam dalgacık paket enerjisi bulunur. Başlangıç düğüm indeksinden $2^M - 1$ düğüme kadar olan tüm RMS değerlerinin mutlak kareleri toplamı alınarak elde edilir.

$$E_M = \sum_{j=0}^{2^M-1} |W_{RMS,M,j}|^2 \quad (3.3)$$

$W_{RMS,M,j}$ dalgacık paketi dönüşümünün M seviyesindeki son seviye düğümlerinin her birinin RMS değerini, E_M ise M seviyeli dönüşüm sonucunda elde edilen toplam işaret enerjisini ifade etmektedir. Alçak ve yüksek frekans değerlerine karşılık gelen dalgacık paket enerjisi (DPE) değerleri 3 boyutlu grafikleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda 128 düğümdeki DPE değerlerinin ortalamaları alınarak

bar grafikleri oluşturulmuştur. Sağlıklı bireyler, US-AİS bireyler, YB-AİS bireyler ve AİS bireylerin DPE_{ort} normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra 3 boyutlu insan modeli üzerine görüntü işleme metodu kullanılarak sonuçlar görselleştirilmiştir. Şekil 2’ de çalışma diyagramında 3 boyutlu frekans-kanal-DPE grafiği, kanal- DPE_{ort} bar grafiği ve normalizasyon sonuçların görselleştirilmiş hali olan 3 boyutlu insan modelini görmektediriz.

$$DPE_{ort} = \frac{1}{2}(e_{ort_1} + e_{ort_2} + \dots + e_{ort_i}) \quad (3.4)$$

3.7. İstatistik Analizler

İstatiksel analizlerde parametrik ve non-parametrik analiz testleri bulunmaktadır. sEMG verileri non-parametrik özellik gösterdiği literatürde bahsedilmiştir (McKnight ve Najab 2010). Çalışmamızda sEMG verilerimizin parametrik veya non-parametrik olduğunu belirlemek için ilk olarak, veri dağılımları incelenmiştir. Normal dağılım varsayımını sağlamayan veriler nonparametrik bir test gerektirmektedir. Veri grafikleri ve istatistiksel yöntemlerle yapılan analizler sonucunda, verilerin normal dağılıma uymadığı görülmüştür. Ayrıca, veri setinde aykırı değerler ve normal dağılıma uymayan veri noktaları da tespit edilmiştir. Bu durumlar, parametrik testlerin kullanımını kısıtlamış ve nonparametrik bir yaklaşımın daha uygun olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, verilerin nonparametrik olduğu ve Mann whitney u testinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Mann whitney u testi, bağımsız iki grup arasındaki medyan farkını karşılaştırmada güçlü ve güvenilir bir nonparametrik test olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırılmıştır. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$).

3.8. Simetri Değerlendirmesi için İndeks Hesaplanması

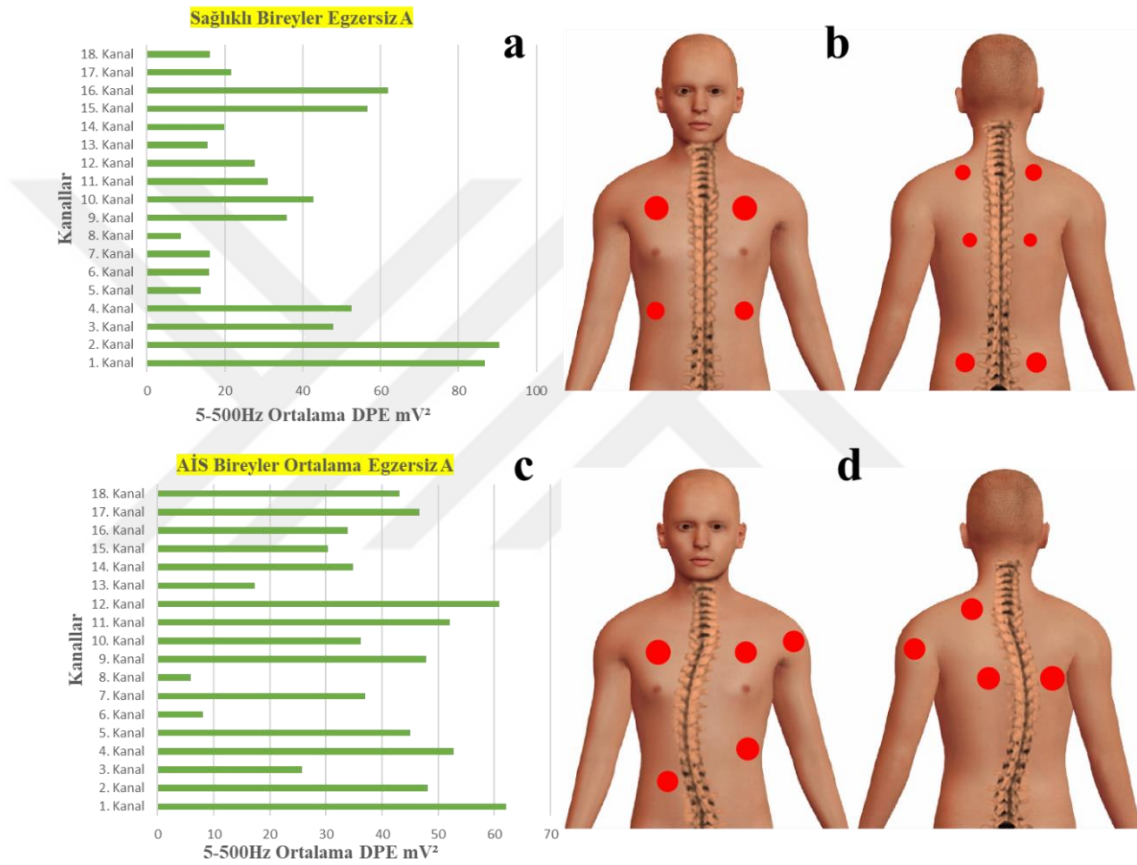
Skolyozlu bireylerin omurga eğriliğine bağlı olarak üst gövde kaslarında boyutsal değişimler ve kas dinamiklerinde farklılıklar mümkündür. Bu çalışmada omurga eğriliğinin olduğu taraf kasları ile diğer taraf kasların spektral yanıtları karşılaştırıldığında farklılıklar bulunmuştur. Simetrik egzersiz olan Egzersiz A ve Egzersiz B hareketlerinde kas yanıtlarında da simetri ve koordinasyon bekleriz. Bu egzersizlerin yanıtları için simetrik indeks belirlenerek gruplar arası değerlendirme yapma olanağı sağlamıştır. Bireyler 4 gruba ayrılmıştır. Sağlıklı, tüm AİS, US-AİS ve YB-AİS bireylerin simetri indeksleri hesaplanmıştır. Her 2 egzersiz içinde majör pectoralis, external oblik, rektus abdominis, deltoid, trapezius ve latissimus dorsi kaslarının simetrisine bakılmıştır. İndeks hesaplanması denklem 3.5 ile gösterilmiştir. Sol taraf kaslarının, sağ taraf kaslarına oranlanması ile bulunur. Burada x kas bölgesinin içermektedir.

$$Simetri_{indeks}(x) = \frac{x(left)}{x(right)} \quad (3.5)$$

4. BULGULAR

128 düğümdeki DPE değerlerinin ortalamaları alınarak bireyler ve egzersizlerin bar grafikleri sonuçları oluşturulmuştur. Sağlıklı bireyler, US-AİS bireyler, YB-AİS bireyler ve AİS bireylerin DPE ortalamasının normalizasyon işlemi yapıldıktan sonra 3 boyutlu insan modeli üzerine görüntü işleme metodu kullanılarak sonuçlar görselleştirilmiştir. Bar grafikleri ve 3 boyutlu insan modeli sonuçları bu bölümde paylaşılmıştır. Sonuçların istatistik sonuç tabloları bu bölümde belirtilmiştir.

4.1. Ayakta Dik Durma Egzersizi (Egzersiz A)



Şekil 4.1. Egzersiz A a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli

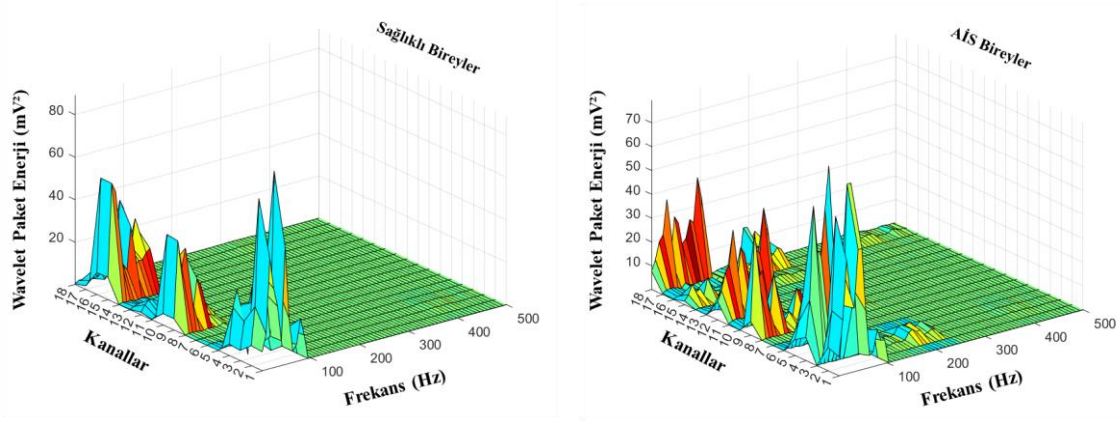
Egzersiz A sırasında omuz hizalama, pelvik pozisyonu ve duruş dengesi önemlidir. Sağlıklı bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, majör pectoralis, external oblik, trapezius, yanal latissimus dorsi kaslarında simetrik ve dengeli aktivite bulunmuştur. Majör pectoralis kasında sol kas aktivitesi (kanal 2) sağ kas aktivitesine (kanal 1) oranlandığında 1.04 bulunmuştur. External oblik kasında sol kas aktivitesi (kanal 4) sağ kas aktivitesine (kanal 3) oranlandığında 1.09 bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge sol kas aktivitesi (kanal 9) sağ kas aktivitesine (kanal 10) oranlandığında 0,84 bulunmuştur. Trapezius kasında alt bölge sol kas aktivitesi (kanal 11) sağ kas aktivitesine (kanal 12) oranlandığında 1,12 bulunmuştur. Yanal latissimus dorsi kasında sol kas aktivitesi (kanal 13) sağ kas aktivitesine (kanal 14) oranlandığında

0,77 bulunmuştur. Rektus abdominis ve deltoid kaslarında diğer kas bölgelerine göre daha az aktivite bulunmuştur. AİS bireylerin ortalama kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sağlıklı bireylere göre asimetric kas aktivasyonları bulunmuştur. AİS bireylerde abdominal bölgede aktivite bulunmuştur. Majör pectoralis kasında sol kas aktivitesi (kanal 2) sağ kas aktivitesine (kanal 1) oranlandığında 1.29 bulunmuştur. External oblik kasında sol kas aktivitesi (kanal 4) sağ kas aktivitesine (kanal 3) oranlandığında 0.48 bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge sol kas aktivitesi (kanal 9) sağ kas aktivitesine (kanal 10) oranlandığında 1.32 bulunmuştur. AİS bireylerde abdominal ve deltoid kas bölgelerinde asimetric aktivite bulunmuştur. Rectus abdominis kasında sol kas aktivitesi (kanal 6) sağ kas aktivitesine (kanal 5) oranlandığında 5.54 bulunmuştur. Deltoid kasında sol kas aktivitesi (kanal 18) sağ kas aktivitesine (kanal 17) oranlandığında 0.92 bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Egzersiz A’da sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri

Egzersiz A									
Kanallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,11	0,001	0,14	0,38	1	0,001	0,87	0,5	0,46
h	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Kanallar	10	11	12	13	14	15	16	17	18
p	0,18	0,71	0,91	0,81	0,09	0,61	0,36	0,84	0,87
h	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kanal Ortalaması Karşılaştırılması									
p	0.047								
h	1								

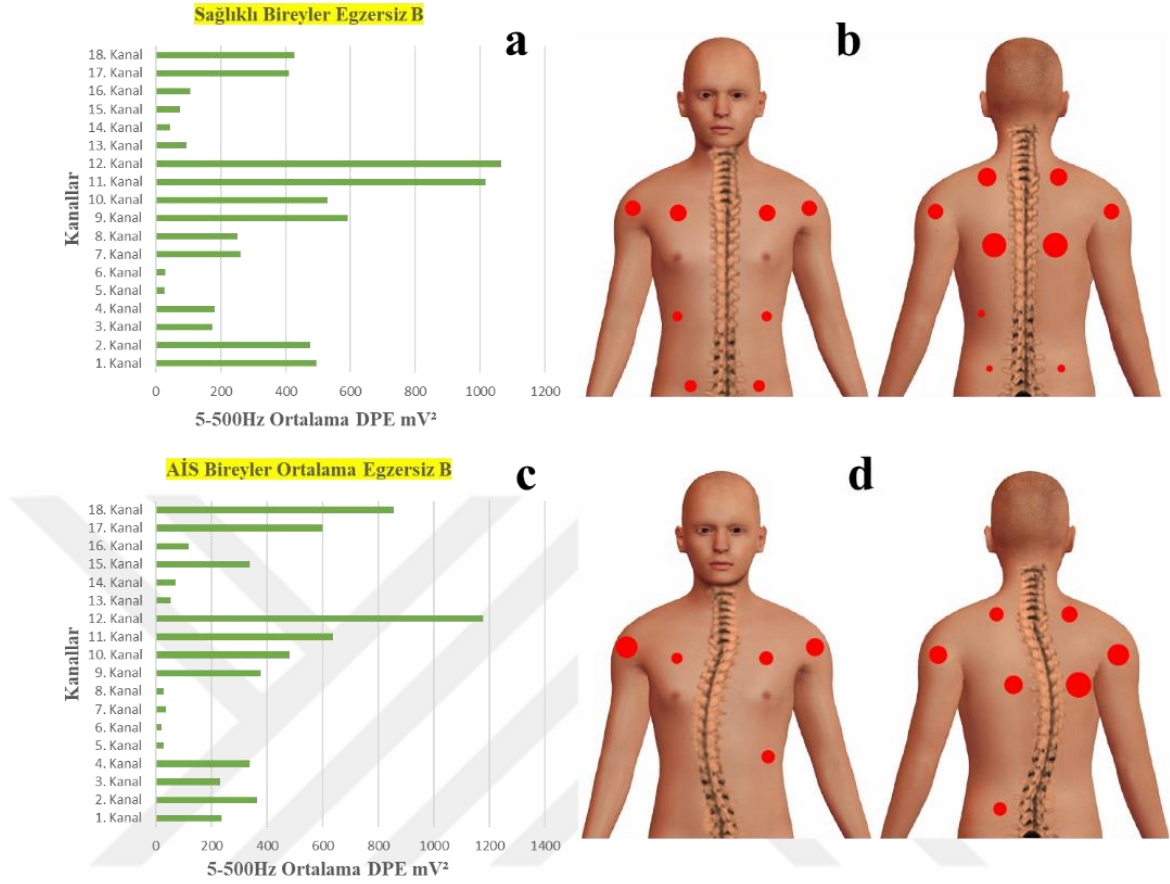
Egzersiz A’da sağlıklı ve AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$). Mann whitney u testi sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin egzersiz A için birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Egzersiz A için p değeri 0.047 bulunmuştur. Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin kanalları karşılaştırılmıştır. Yapılan analizlerde, majör pectoralis kası (kanal 2) için elde edilen p değeri 0.001 ve rektus abdominis kası (kanal 6) için elde edilen p değeri 0.001 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.2. Egzersiz A sağlıklı ve AIS bireyler WPE-frekans sonuçları

Sağlıklı bireylerin Egzersiz A için Şekil 4.2’de spektral analiz sonuçlarına göre, majör pectoralis, external oblik, trapezius, yanal latissimus dorsi kaslarında simetrik aktivite gözlenmiştir. Majör pectoralis kasında (kanal 1 ve 2) 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. External oblik kasında (kanal 3 ve 4) 62.50 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge (kanal 9 ve 10) 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Yanal latissimus dorsi kasında (kanal 13 ve 14) 93.75 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Rektus abdominis (kanal 7 ve 8) 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. AIS bireylerin egzersiz A için Şekil 4.2’de spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylere yüksek frekanslara doğru yayılmış bir WPE değerleri gözlenmiştir. Majör pectoralis kasında (kanal 1 ve 2) 242.37 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. External oblik kasında (kanal 3 ve 4) 117.18 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge (kanal 9 ve 10) 148.43 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Deltoid kasında (kanal 17 ve 18) 203.12 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur.

4.2. Basic Tension Egzersizi (Egzersiz B)



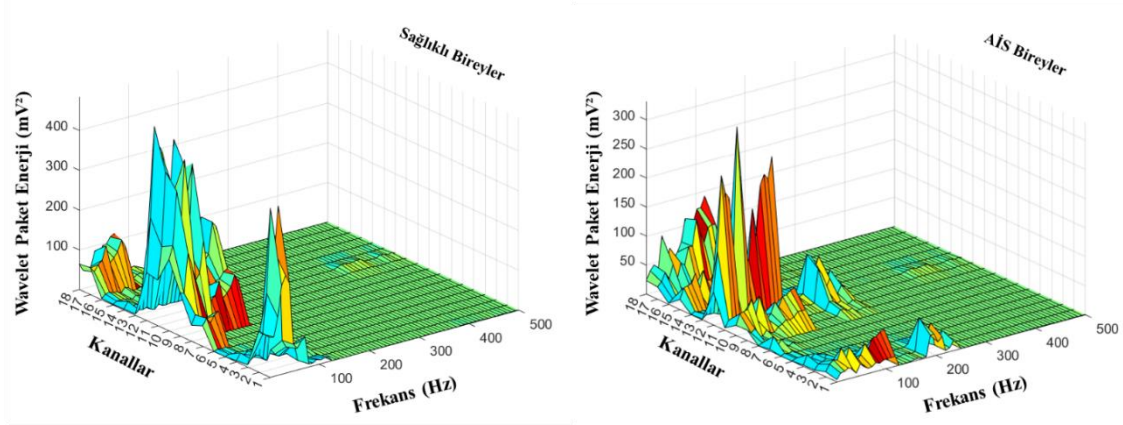
Şekil 4.3. Egzersiz B a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli

Egzersiz B sırasında, postüral duruşu doğru yapmak, dengeyi sabit tutmak ve nefes egzersizi önemlidir. Sağlıklı bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, majör pectoralis, trapezius, rectus abdominis ve deltoid kasları aktif bir şekilde çalıştığı bulunmuştur. Bu kaslardan trapezius kasının orta hattı en yüksek aktiviteye sahiptir. Trapezius kasında üst bölge sol kas aktivitesi (kanal 9) sağ kas aktivitesine (kanal 10) oranlandığında 1.11 bulunmuştur. Trapezius kasında alt bölge sol kas aktivitesi (kanal 11) sağ kas aktivitesine (kanal 12) oranlandığında 0.95 bulunmuştur. Rectus abdominis (kana 5,6,7 ve 8) kasları ortalaması 141,7 mV² bulunmuştur. AİS bireylerde trapezius kas bölgesinde asimetrik aktivite gözlenmiştir. Trapezius kas bölgesinde sağ taraf sol tarafa göre daha baskın bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge sol kas aktivitesi (kanal 9) sağ kas aktivitesine (kanal 10) oranlandığında 0,78 bulunmuştur. Trapezius kasında alt bölge sol kas aktivitesi (kanal 11) sağ kas aktivitesine (kanal 12) oranlandığında 0.54 bulunmuştur. AİS bireyler rectus abdominis kas bölgesinde aktivite gözlenmemiştir. Sağ deltoid kası sol deltoid kasına nazaran daha etkin kasılmıştır. Sol kas aktivitesi (kanal 18) sağ kas aktivitesine (kanal 17) oranlandığında 1,43 bulunmuştur. Rectus abdominis (kana 5,6,7 ve 8) kasları ortalaması 27,725 mV² bulunmuştur.

Çizelge 4.2. Egzersiz B’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri

Egzersiz B									
Kanallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,53	0,87	0,25	0,98	0,89	0,08	0	0,01	0,19
h	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Kanallar	10	11	12	13	14	15	16	17	18
p	0,78	0,12	1	0,04	0,25	0	0,46	0,66	0,07
h	0	0	0	1	0	1	0	0	0
Kanal Ortalaması Karşılaştırılması									
p	0.073								
h	0								

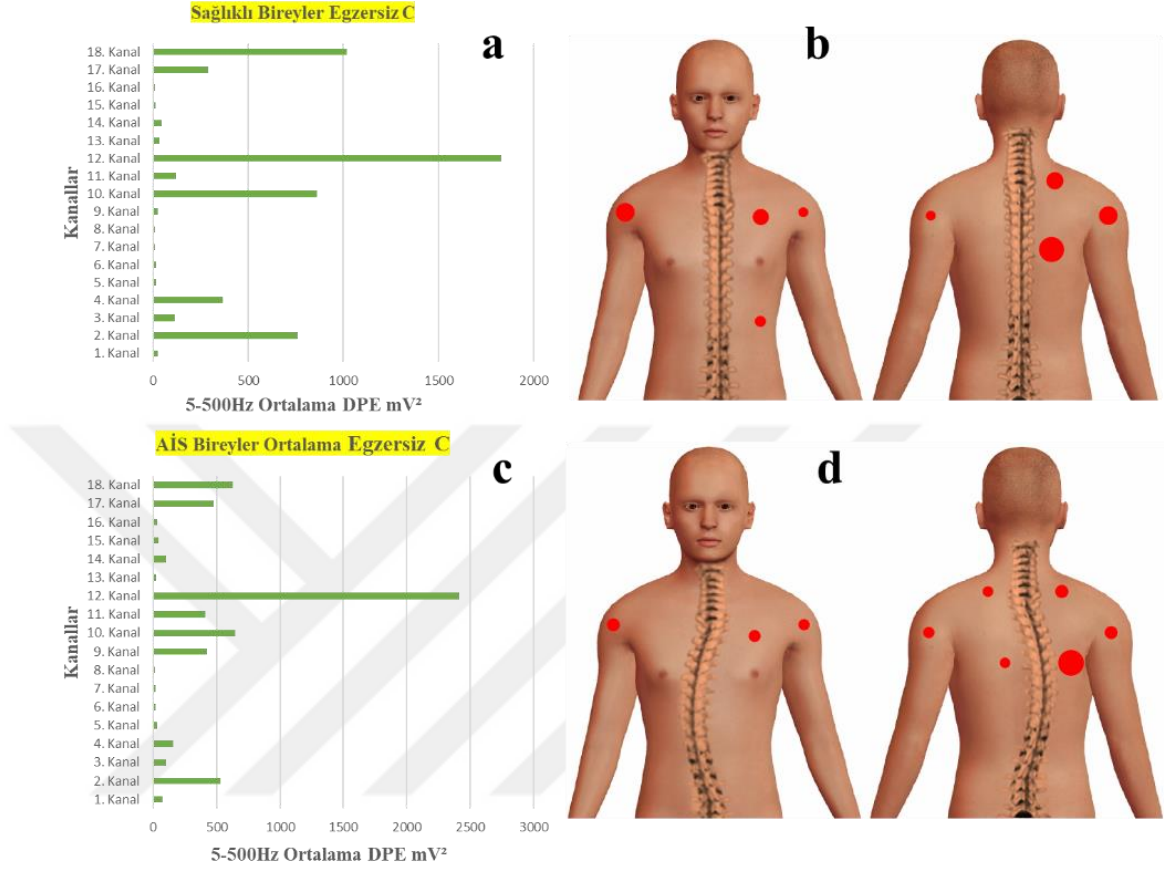
Egzersiz B’de sağlıklı ve AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$). Mann whitney u testi sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin egzersiz A için birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Egzersiz A için p değeri 0.073 bulunmuştur. Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin kanalları karşılaştırılmıştır. Rektus abdominis kası için 7. kanalın p değeri 0 ve 8. kanalın p değeri 0.01 olarak bulunmuştur. Latissimus dorsi kası için ise 13. kanalın p değeri 0.04 ve 15. kanalın p değeri 0 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.4. Egzersiz B sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları

Sağlıklı bireylerin Egzersiz A için Şekil 4.4’de spektral analiz sonuçlarına göre, majör pectoralis, trapezius, rectus abdominis ve deltoid kasları aktif bir şekilde çalıştığı gözlenmiştir. Bu kaslardan trapezius kasının orta hattı en yüksek WPE değerlerine sahiptir. Majör pectoralis kasında (kanal 1 ve 2) 93.75 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge (kanal 9 ve 10) 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Trapezius kasında alt bölge (kanal 11 ve 12) 109.37 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Rectus abdominis (kanal 5,6,7 ve 8) 46.87 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. AİS bireylerin egzersiz B için Şekil 4.4’de spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylere yüksek frekanslara doğru yayılmış bir WPE değerleri gözlenmiştir. AİS bireyler rectus abdominis kas bölgesinde anlamlı WPE değerleri gözlenmemiştir. Majör pectoralis kasında (kanal 1 ve 2) 250 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Deltoid kasında (kanal 17 ve 18) 148.43 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Trapezius kasında üst bölge (kanal 9 ve 10) 242.37 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Trapezius kasında alt bölge (kanal 11 ve 12) 250 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur.

4.3. Shoulder Counter Traction Egzersizi (Egzersiz C)



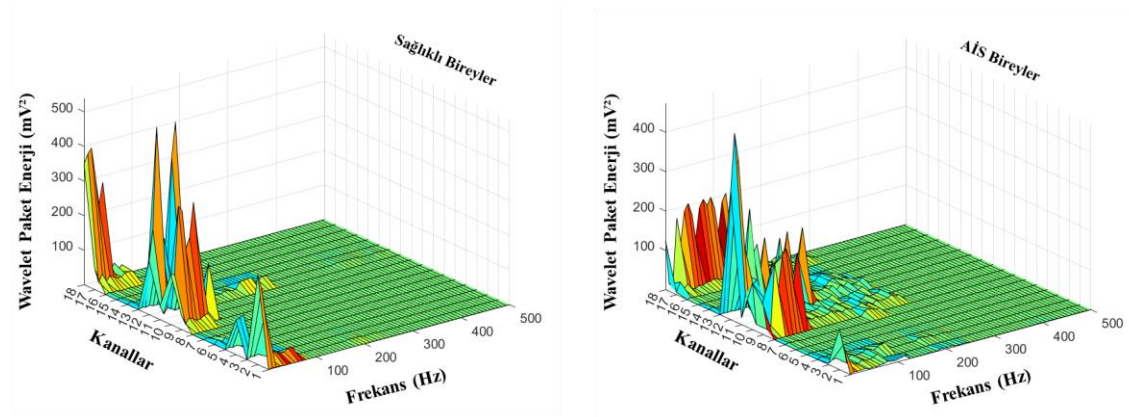
Şekil 4.5. Egzersiz C **a)** Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; **b)** Sağlıklı bireylerin insan modeli; **c)** AİS bireylerin bar sonuçları; **d)** AİS bireylerin insan modeli

Schroth egzersizleri arasında bulunan Egzersiz C, asimetrik kas aktivasyonunu gerektiren bir egzersiz tipidir. Sağlıklı bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, göğüs ve abdominal bölge kaslarında sol majör pectoralis ve sol external oblik kaslarında aktivite bulunmuştur. Sol majör pectoralis (kanal 2) kası 759,29 mV² ve sağ majör pectoralis (kanal 1) kası 22,07 mV² bulunmuştur. Sol external oblik (kanal 4) kası 365,99 mV² ve sağ external oblik (kanal 3) kası 110,77 mV² bulunmuştur. Sırt bölgesi kaslarında sağ trapezius kasında ve sağ deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 861,14 mV², alt sol trapezius (kanal 12) kası 1833,678 mV², üst sağ trapezius (kanal 9) kası 24,66 mV² ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 121,58 mV² bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 1017,73 mV² ve sağ deltoid (kanal 17) kası 290,03 mV² bulunmuştur. AİS bireylerde ise ön gövde kaslarında aktivasyon bulunmamıştır. Trapezius kasında sağ taraf daha baskın bulunurken sol taraf trapezius kasında sağlıklı bireylere göre aktivite gözlenmiştir. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 643,31 mV², alt sol trapezius (kanal 12) kası 2414,54mV², üst sağ trapezius (kanal 9) kası 423,24 mV² ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 411,98 mV² bulunmuştur.

Çizelge 4.3. Egzersiz C’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri

Egzersiz C									
Kanallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,09	0,01	0,53	0,01	0,84	0,32	0,32	0,71	0,001
h	0	1	0	1	0	0	0	0	1
Kanallar	10	11	12	13	14	15	16	17	18
p	0	0,63	0,14	0,36	0,4	0,02	0	0,71	0,29
h	1	0	0	0	0	1	1	0	0
Kanal Ortalaması Karşılaştırılması									
p	0.02								
h	1								

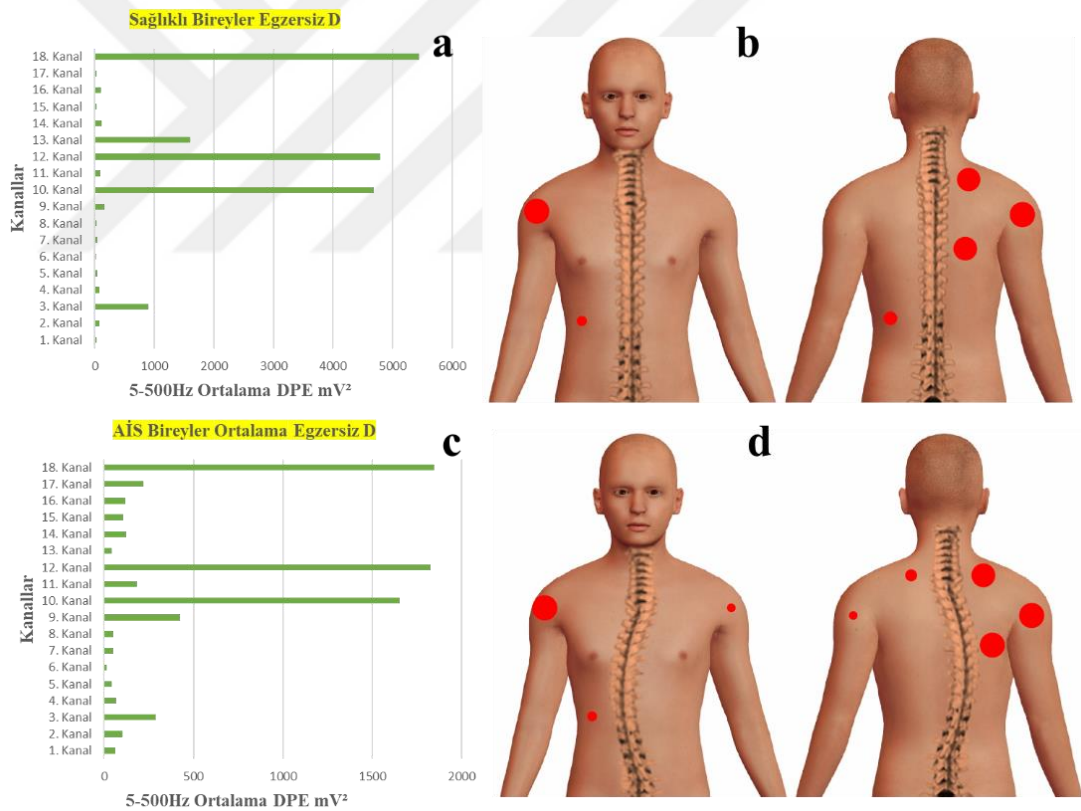
Egzersiz C’de sağlıklı ve AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$). Mann whitney u testi sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin Egzersiz C için birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Egzersiz C için p değeri 0.02 bulunmuştur. Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin kanalları karşılaştırılmıştır. External oblique kası için 4. kanalda elde edilen p değeri 0.01 olarak bulunmuştur. Latissimus dorsi kası için 15. kanalda elde edilen p değeri 0.02 ve 16. kanalda ise 0 olarak bulunmuştur. Trapezius kası için 9. kanalda elde edilen p değeri 0.001 ve 10. kanalda ise 0 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.6. Egzersiz C sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları

Sağlıklı bireylerin Egzersiz C için Şekil 4.6’da spektral analiz sonuçlarına göre, göğüs ve abdominal bölge kaslarında sol majör pectoralis ve sol external oblik kaslarında WPE değerleri bulunmuştur. Sırt bölgesi kaslarında sağ trapezius kasında ve sağ deltoid kasında WPE değerleri bulunmuştur. Majör pectoralis kasında (kanal 1) 85.93 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. External oblik kasında (kanal 3) 23.43 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 93.75 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası 78.12 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 85.93 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. AİS bireylerin egzersiz C için Şekil 4.6’da spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylere yüksek frekanslara doğru yayılmış bir WPE değerleri gözlenmiştir. AİS bireylerde ise ön gövde kaslarında aktivasyon bulunmamıştır. Trapezius kasında sağ taraf daha baskın bulunurken sol taraf trapezius kasında sağlıklı bireylere göre WPE değerleri gözlenmiştir. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 257.81 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası 250 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 257.81 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur.

4.4. Muscle Cylinder Egzersizi (Egzersiz D)



Şekil 4.7. Egzersiz D a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli

Schroth egzersizleri arasında bulunan Egzersiz D, asimetrik kas aktivasyonunu gerektiren bir egzersiz tipidir. Sağlıklı bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sırt bölgesi kaslarında sağ trapezius kasında ve kol kaslarından sağ

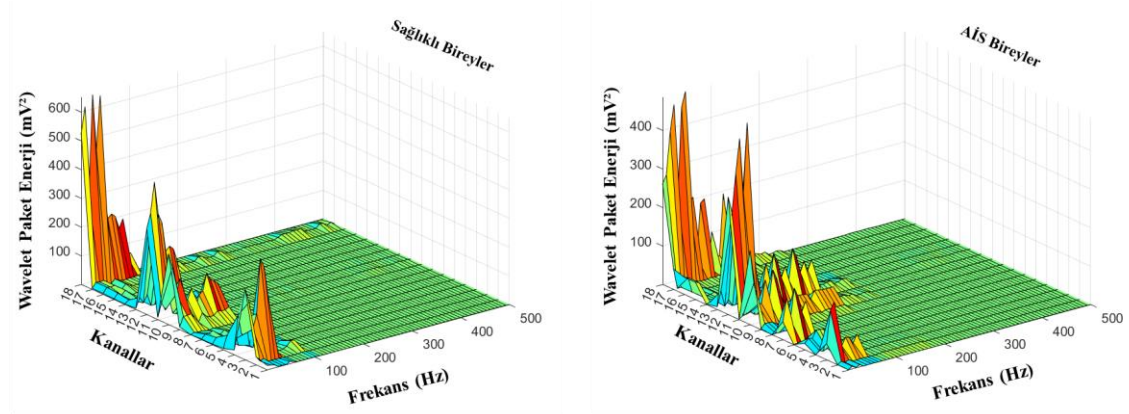
deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 4680,78 mV², alt sol trapezius (kanal 12) kası 4788,73 mV², üst sağ trapezius (kanal 9) kası 166,86 mV² ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 89,09 mV² bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 5447,38 mV² ve sağ deltoid (kanal 17) kası 35,75 mV² bulunmuştur. Sağ external oblik kasında ve sol yanal latissimus dorsi kasında da düşük bir aktivite bulunmuştur. Sağ external oblik (kanal 3) kası 902,45 mV² ve sol yanal latissimus dorsi (kanal 13) kası 1598,12 mV² bulunmuştur. AİS bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sırt bölgesi kaslarında sağ trapezius kasında ve kol kaslarından sağ deltoid kasındada aktivite bulunmuştur. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 1653,63 mV², alt sol trapezius (kanal 12) kası 1826,92 mV², üst sağ trapezius (kanal 9) kası 424,5 mV² ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 183,32 mV² bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 1848,28 mV² ve sağ deltoid (kanal 17) kası 221,08 mV² bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Egzersiz D’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri

Egzersiz D									
Kanallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,64	0,72	0	0,97	0,83	0,05	0,94	0,75	0,28
h	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Kanallar	10	11	12	13	14	15	16	17	18
p	0,02	0,41	0,01	0	0,35	0,01	0,64	0,01	0,02
h	1	0	1	1	0	1	0	1	1
Kanal Ortalaması Karşılaştırılması									
p	0,58								
h	0								

Egzersiz D’de sağlıklı ve AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.4’da verilmiştir. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$). Mann whitney u testi sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin Egzersiz D için birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Egzersiz D için p değeri 0.58 bulunmuştur. Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin kanalları karşılaştırılmıştır. External oblique kasında 3. kanal için elde edilen p değeri 0 olarak bulunmuştur. Trapezius kasında 10. kanal için p değeri 0.02 ve 12. kanal için 0.01 olarak bulunmuştur. Latissimus dorsi kasında 13. kanal için p değeri 0 ve 15. kanal için 0.01 olarak tespit edilmiştir. Deltoid kasında ise 17. kanal için p değeri 0.01 ve 18.

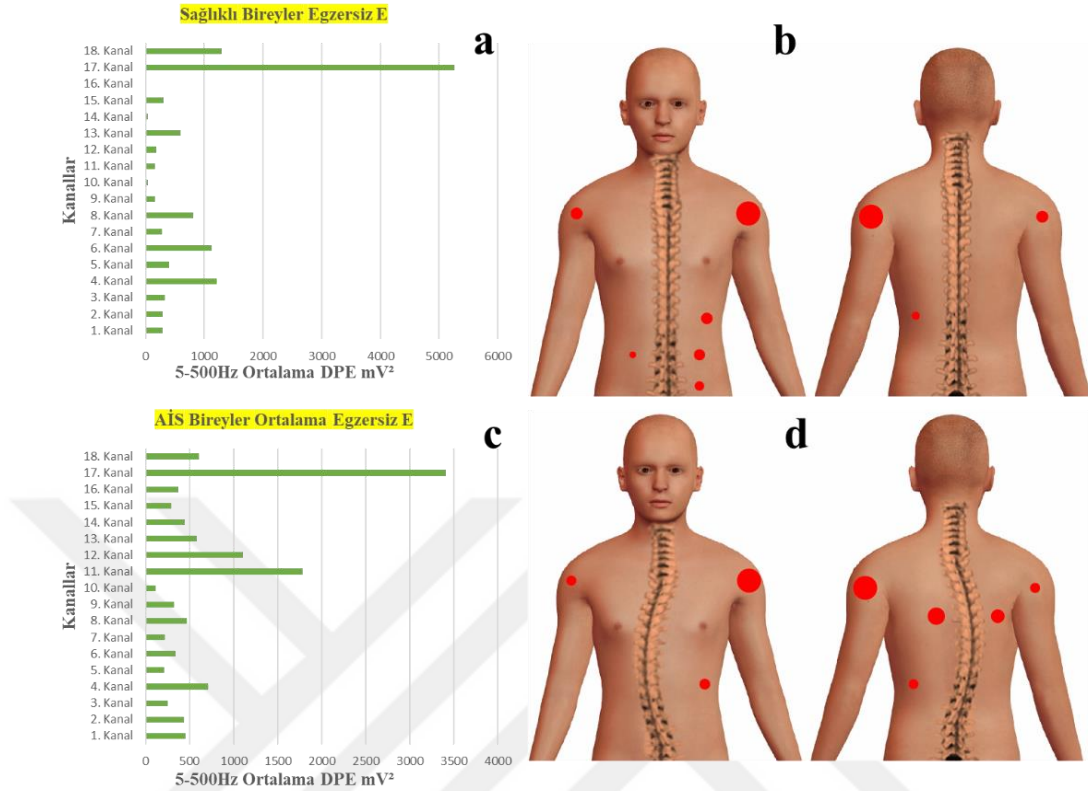
kanal için 0.02 olarak elde edilmiştir. Diğer kas bölgelerinde elde edilen p değerleri ise 0.05'in üstünde bulunmuştur, yani istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur.



Şekil 4.8. Egzersiz D sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları

Sağlıklı bireylerin Egzersiz D için Şekil 4.8’de spektral analiz sonuçlarına göre, sırt bölgesi kaslarında sağ trapezius kasında, sol yanal latismus dorsi ve kol kaslarından sağ deltoid kasında WPE değerleri bulunmuştur. Ön taraf kaslarından sağ external oblik kasında WPE değerleri bulunmuştur. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası 93.75 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 109.37 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol yanal latissimus dorsi (kanal 13) kasında 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sağ external oblik (kanal 3) kasında 62.50 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. AİS bireylerin egzersiz D için Şekil 4.8’de spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylere yüksek frekanslara doğru yayılmış bir WPE değerleri gözlenmiştir. Sırt bölgesi kaslarında sağ trapezius kasında ve kol kaslarından sağ deltoid kasındada aktivite bulunmuştur. Üst sol trapezius (kanal 10) kası 210.93 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası 218.75 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol deltoid (kanal 18) kası 210.93 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur.

4.5. Sol Plank Egzersizi (Egzersiz E)



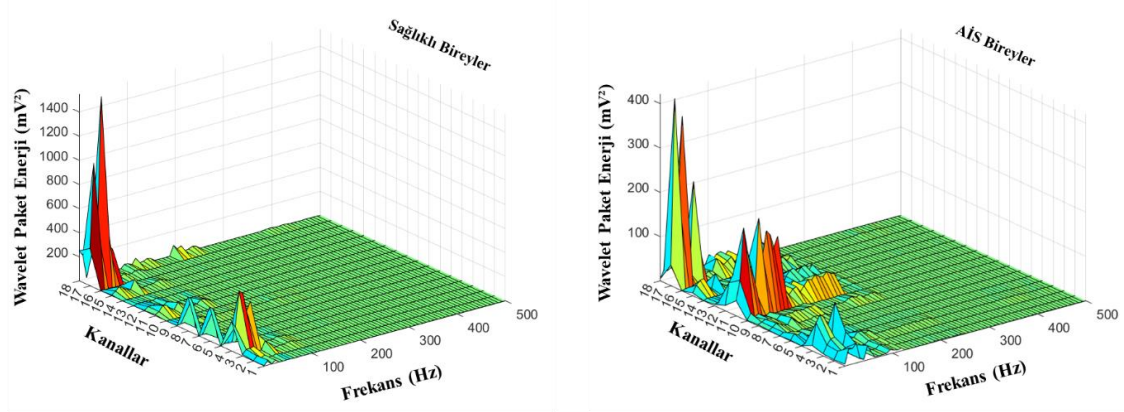
Şekil 4.9. Egzersiz E a) Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; b) Sağlıklı bireylerin insan modeli; c) AİS bireylerin bar sonuçları; d) AİS bireylerin insan modeli

Sol plank, vücut yan pozisyonundayken yapılan bir plank varyasyonudur. Sağlıklı bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sol ve sağ deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kasları aktif bir şekilde çalıştığı bulunmuştur. Sol deltoid kası (kanal 17) kası 5266.25 mV² ve sağ deltoid kası (kanal 18) 1297.48 mV² bulunmuştur. Üst sol rectus abdominis kası (kanal 6) 1132.8 mV² ve alt sol rectus abdominis kası (kanal 8) 811.2 mV² bulunmuştur. Sol external oblik kası (kanal 4) 1209.5 mV² bulunmuştur. Sol yanal latissimus dorsi (kanal 13) 600.49 mV² bulunmuştur. AİS bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sırt bölgesi kaslarında alt bölge trapezius kasında, sol external oblik kasında, sol yanal latissimus dorsi ve kol kaslarından sol deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Sol deltoid kası (kanal 17) kası 3409.99 mV² bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası 1107.25 mV² ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 1782.508 mV² bulunmuştur. Sol external oblik kası (kanal 4) 713.43 mV² bulunmuştur. Sol yanal latissimus dorsi (kanal 13) 579.39 mV² bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Egzersiz E’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri

Egzersiz E									
Kanallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,91	0,02	0,06	0,02	0	0,84	0,03	0,01	0
h	0	1	0	1	1	0	1	1	1
Kanallar	10	11	12	13	14	15	16	17	18
p	0,02	0	0	0	0,05	0,01	0,82	0,98	0,65
h	1	1	1	1	0	1	0	0	0
Kanal Ortalaması Karşılaştırılması									
p	0.03								
h	1								

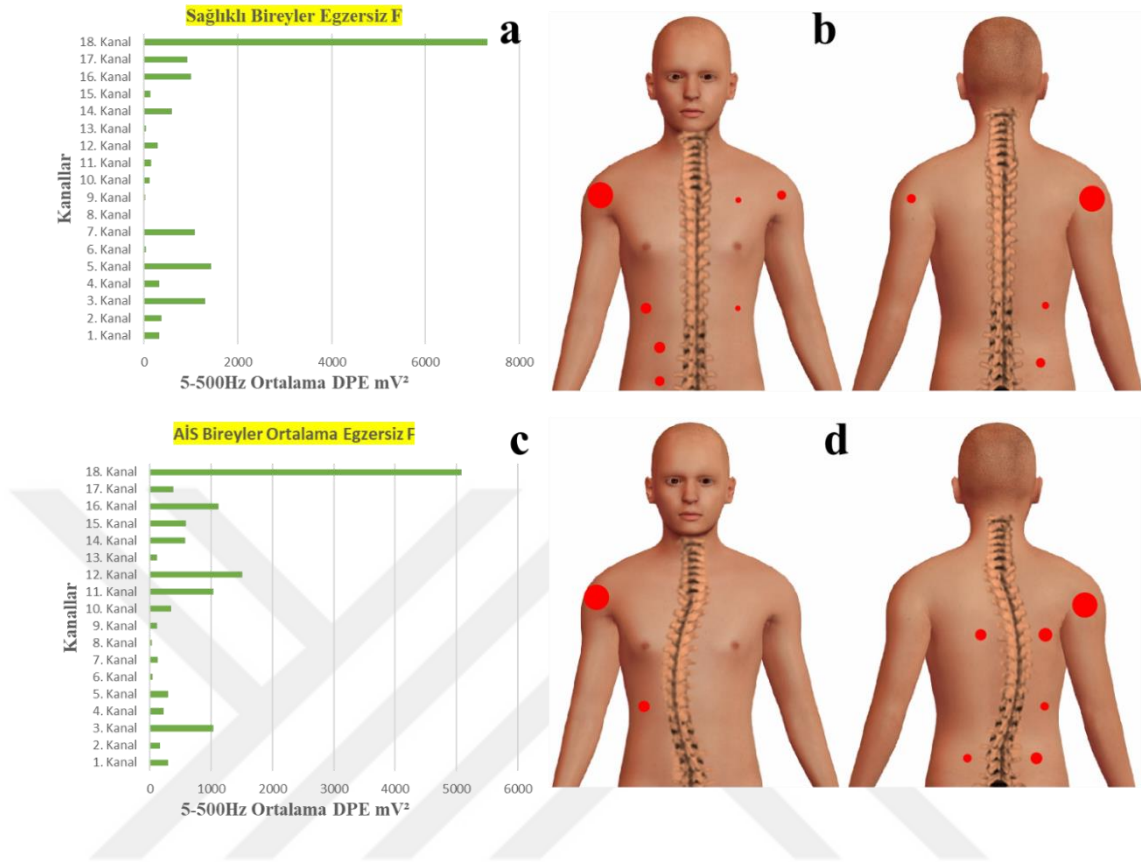
Egzersiz E’de sağlıklı ve AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.5’de verilmiştir. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$). Mann whitney u testi sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin Egzersiz E için birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Egzersiz E için p değeri 0.03 bulunmuştur. Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin kanalları karşılaştırılmıştır. Pectoralis Major kası için 2. kanalda elde edilen p değeri 0.02 ve external oblique kası için 4. kanalda elde edilen p değeri 0.02 olarak bulunmuştur. Rectus abdominis kası için 5., 7. ve 8. kanallarda p değerleri sırasıyla 0, 0,03 ve 0,01 olarak bulunmuştur. Trapezius kası için ise 9., 10., 11. ve 12. kanallarda p değerleri sırasıyla 0, 0.02, 0 ve 0 olarak bulunmuştur. Latissimus dorsi kası için 13. kanalda p değeri 0 ve 15. kanalda p değeri 0.01 olarak bulunmuştur. Diğer kas bölgelerinde elde edilen p değerleri ise 0.05’in üstünde bulunmuş olup istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir.



Şekil 4.10. Egzersiz E sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları

Sağlıklı bireylerin Egzersiz E için Şekil 4.10'da spektral analiz sonuçlarına göre, sol ve sağ deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kasları aktif bir şekilde çalıştığı bulunmuştur. Sol deltoid kası (kanal 17) ve sağ deltoid kası (kanal 18) 203.12 Hz'e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Üst sol rectus abdominis kası (kanal 6) ve alt sol rectus abdominis kası (kanal 8) 46.87 Hz'e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol external oblik kası (kanal 4) 78.12 Hz'e kadar WPE değerleri bulunmuştur. AİS bireylerin egzersiz D için Şekil 4.10'da spektral analiz sonuçlarına göre, sırt bölgesi kaslarında alt bölge trapezius kasında, sol external oblik kasında, sol yanal latissimus dorsi ve kol kaslarından sol deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Sağlıklı bireylere yüksek frekanslara doğru yayılmış bir WPE değerleri gözlenmiştir. Sol deltoid kası (kanal 17) kası 164.06 Hz'e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 218.75 Hz'e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sol external oblik kası (kanal 4) 101.5 Hz'e kadar WPE değerleri bulunmuştur.

4.6. Sağ Plank Egzersizi (Egzersiz F)



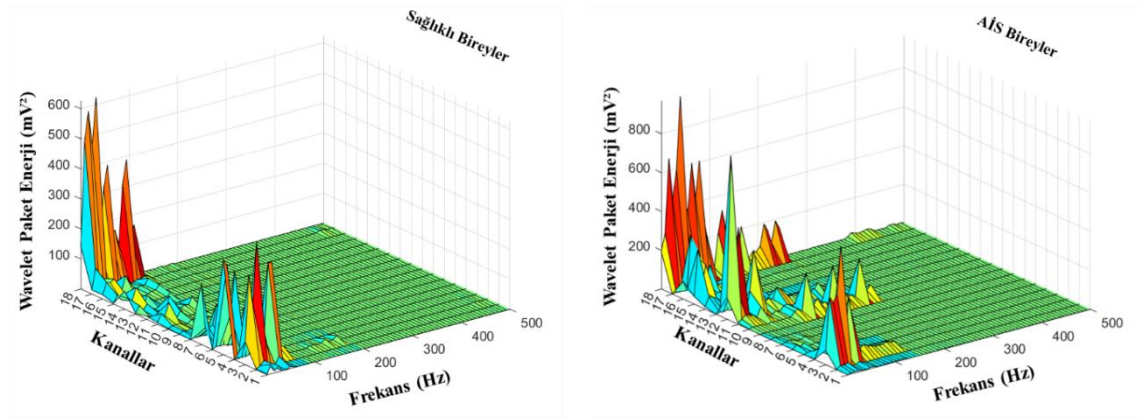
Şekil 4.11. Egzersiz F **a)** Sağlıklı bireylerin bar sonuçları; **b)** Sağlıklı bireylerin insan modeli; **c)** AİS bireylerin bar sonuçları; **d)** AİS bireylerin insan modeli

Sağ plank, vücut yan pozisyonunda iken yapılan bir plank varyasyonudur. Sağlıklı bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sağ deltoid, sağ rectus abdominis ve sağ external oblik kasları aktif bir şekilde çalıştığı bulunmuştur. Sağ deltoid kası (kanal 18) 7326.82 mV² bulunmuştur. Üst sağ rectus abdominis kası (kanal 5) 1433.401 mV² ve alt sağ rectus abdominis kası (kanal 7) 1089.75 mV² bulunmuştur. Sağ external oblik kası (kanal 3) 4680.78 mV² bulunmuştur. Sağ latissimus dorsi (kanal 16) 998.23 mV² bulunmuştur. AİS bireylerin kas aktivasyon sonuçları incelendiğinde, sırt bölgesi kaslarında alt bölge trapezius kasında, sağ external oblik kasında, latissimus dorsi ve kol kaslarından sol deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Sağ deltoid kası (kanal 18) kası 5087.61 mV² bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası 1510.57 mV² ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 1030.98 mV² bulunmuştur. Sağ external oblik kası (kanal 3) 1041.29 mV² bulunmuştur. Sağ latissimus dorsi (kanal 16) 1125.98 mV² bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Egzersiz F’de sağlıklı ve AİS bireylerin p ve h değerleri

Egzersiz F									
Kanallar	1	2	3	4	5	6	7	8	9
p	0,34	0,48	0,01	0,01	0	0	0,01	0,02	0,11
h	0	0	1	1	1	1	1	1	0
Kanallar	10	11	12	13	14	15	16	17	18
p	0,09	0,002	0,01	0,44	0,03	0,15	0,01	0,47	0,21
h	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Kanal Ortalaması Karşılaştırılması									
p	0,79								
h	0								

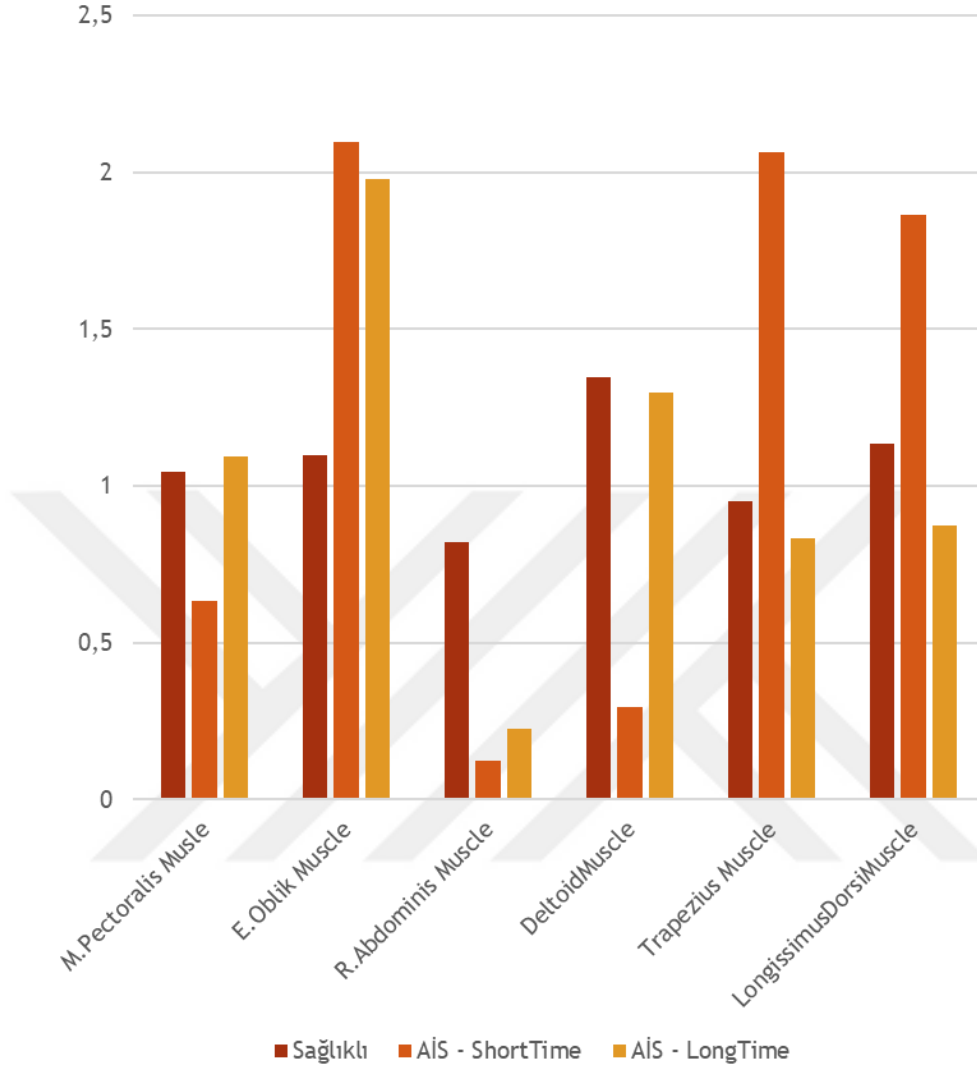
Egzersiz F’de sağlıklı ve AİS bireylerin hareket bazlı ve kanal bazlı karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.6’da verilmiştir. İstatistik değerleri p ve h olarak belirlenmiştir. P değeri 0.05’in altında ($p < 0.05$) ise, bu durum anlamlı bir fark olduğunu gösterir ve h değeri 1 olarak belirlenir ($h = 1$). Eğer p değeri 0.05 üstünde ($p > 0.05$) ise h değeri 0 olarak belirlenir ($h = 0$). Mann whitney u testi sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin Egzersiz F için birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Egzersiz F için p değeri 0.79 bulunmuştur. Mann whitney u testi kullanılarak sağlıklı bireyler ile AİS bireylerin kanalları karşılaştırılmıştır. External oblique kası için 3. ve 4. kanallarda elde edilen p değerleri sırasıyla 0.01 olarak bulunmuştur. Rectus abdominis kası için ise 5., 6., 7. ve 8. kanallarda sırasıyla p değerleri 0, 0, 0.01 ve 0,02 olarak bulunmuştur. Trapezius kası için 11. ve 12. kanallarda p değerleri sırasıyla 0,002 ve 0,01 olarak bulunmuştur. Latissimus dorsi kası için ise 14. kanalda p değeri 0.03 ve 16. kanalda p değeri 0.01 olarak elde edilmiştir. Diğer kas bölgelerinde elde edilen p değerleri ise 0.05’in üstünde bulunmuştur.



Şekil 4.12. Egzersiz F sağlıklı ve AİS bireyler WPE-frekans sonuçları

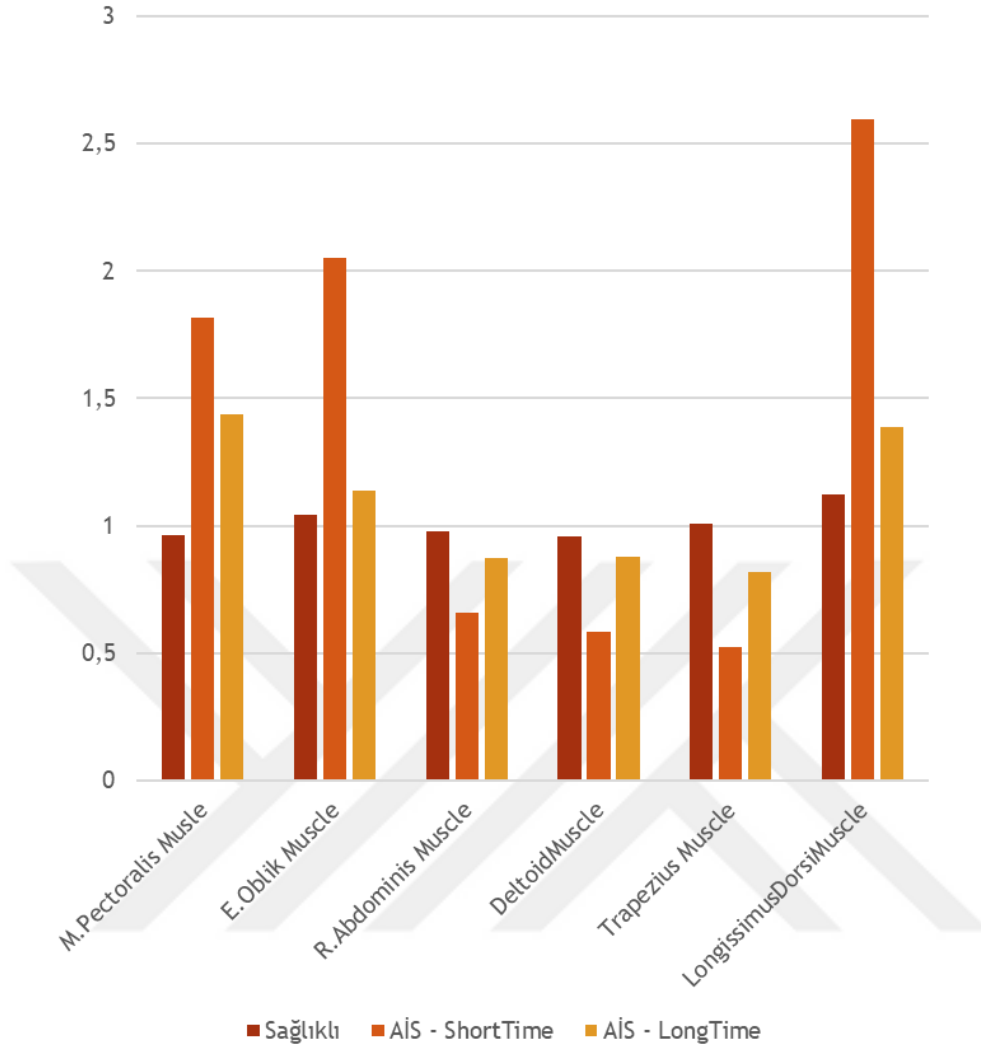
Sağlıklı bireylerin Egzersiz F için Şekil 4.12’de spektral analiz sonuçlarına göre, sağ deltoid, sağ rectus abdominis ve sağ external oblik kasları aktif bir şekilde çalıştığı bulunmuştur. Sağ deltoid kası (kanal 18) 101.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Üst sağ rectus abdominis kası (kanal 5) ve alt sağ rectus abdominis kası (kanal 7) 62.5 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sağ external oblik kası (kanal 3) 62.5 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sağ latissimus dorsi (kanal 16) 46.87 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. AİS bireylerin egzersiz D için Şekil 4.12’de spektral analiz sonuçlarına göre, sırt bölgesi kaslarında alt bölge trapezius kasında, sağ external oblik kasında, latissimus dorsi ve kol kaslarından sol deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Sağlıklı bireylere yüksek frekanslara doğru yayılmış bir WPE değerleri gözlenmiştir. Sağ deltoid kası (kanal 18) kası 218.75 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Alt sol trapezius (kanal 12) kası ve alt sağ trapezius (kanal 11) kası 226.56 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sağ external oblik kası (kanal 3) 140.62 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur. Sağ latissimus dorsi (kanal 16) 70.31 Hz’e kadar WPE değerleri bulunmuştur.

4.7. Simetri Değerlenmesi için Yapılan İndeks Bulguları



Şekil 4.13. Egzersiz A için simetri indeks sonuçları

Egzersiz A için simetri indeks sonuçları Şekil 4.13’de verilmiştir. Egzersiz A, omuz başlıkları yere paralel olacak şekilde omuz hizalaması yapılır. Kalça hizalaması da yer paralel olacak şekilde olmalıdır. Sağ ve sol kol simetrik şekilde vücudun yanlarında tutulur. Simetri gerektiren bir hareket olduğu için sağ ve sol bölge kaslarının koordinasyonlu ve benzer olması beklenir. Simetri indeks hesabında 2 taraf kaslar beraber oranlandığında simetri mevcut ise sonuç 1 veya 1’e yakın olmalıdır. Şekil 4.13 ‘de bordo (1. sütun) sağlıklı bireylerin, turuncu (2. sütun) US-AİS ve sarı (3. sütun) ise YB-AİS bireylerin sonuçlarıdır. Sağlıklı bireylerin değerlerinin, AİS bireylere göre 1’e daha yakın olduğu yani hareketi simetrik yaptığı belirlenmiştir. AİS bireyleri kendi içinde US-AİS ve YB-AİS gruplandırmıştık. US-AİS bireylerin, YB-AİS bireylere göre hareketi 1’e daha yakın yaptığı belirlenmiştir.



Şekil 4.14. Egzersiz B için simetri indeks sonuçları

Egzersiz B için simetri indeks sonuçları Şekil 4.14’de verilmiştir. Egzersiz B, ayaklar üzerine yük bindirilirken, dizler bükülerek ve kalça geriye doğru itilerek omuz genişliğinde pozisyon alınır. Pozisyon sabit kalır iken derin bir diyaframik solunum yapılır ve nefes alırken karın şişer, nefes verirken karın içeri doğru çekilir. Simetri gerektiren bir hareket olduğu için sağ ve sol bölge kaslarının koordinasyonlu ve benzer olması beklenir. Simetri indeks hesabında 2 taraf kaslar beraber oranlandığında simetri mevcut ise sonuç 1 veya 1’e yakın olmalıdır. Şekil 4.14 ‘de bordo (1. sütun) sağlıklı bireylerin, turuncu (2. sütun) US-AİS ve sarı (3. sütun) ise YB-AİS bireylerin sonuçlarıdır. Sağlıklı bireylerin değerlerinin, AİS bireylere göre 1’e daha yakın olduğu yani hareketi simetrik yaptığı belirlenmiştir. AİS bireyleri kendi içinde US-AİS ve YB-AİS gruplandırmıştık. US-AİS bireylerin, YB-AİS bireylere göre hareketi 1’e daha yakın yaptığı belirlenmiştir. Tartışma kısmında değerlendirmesi yapılmıştır.

5. TARTIŞMA

Bu çalışma da sağlıklı ve AİS bireylerin Schroth egzersizleri esnasında üst gövde kaslarından 18 kanallı sEMG kaydı, analizi ve değerlendirilmesi yapılmıştır. 18 kanaldan elde edilen sEMG verileri, DPD kullanılarak analiz edilmiştir. 3 boyutlu grafiklerin eksenleri frekans, sEMG elektrot ve DPE değerleridir. 2 boyutlu grafiklerin eksenleri ise sEMG elektrot ve DPE ortalamalarının değerleridir. DPE ortalamalarının normalizasyon değerleri oluşturduğumuz insan modeli üzerine işlenmiştir. Bulgular bölümünde, 6 adet egzersizin kas dinamikleri, kas aktivasyon haritası, ayrıntılı frekans yanıtları, simetri hesaplamaları için index değerleri ve istatistik sonuç tabloları sunulmuştur.

Dik durma hareketi (Egzersiz A) sırasında, üst gövde kaslarının uyumlu bir şekilde iş birliği yapması beklenir. Bu, vücut stabilitesini sağlamak ve düzgün duruşu korumak adına kritiktir. Sırt, göğüs, abdominal ve bel kasları duruşun sürdürülmesi ve omurganın desteklenmesi amacıyla koordineli bir biçimde çalışmalıdır. Bu etkileşim, üst gövdenin dik durmasını mümkün kılar. Sağlıklı bireylerin Egzersiz A bulguları incelendiğinde, üst gövde kasları koordineli ve simetrik bir şekilde kas aktivitesi gerçekleştirmiştir. AİS bireylerin en temel sorunlarından biri postürdür. Omurga eğriliği kaynaklı omuz ve pelvik hizalama problemi vardır. Egzersiz A yaparken omuz ve pelvik hizalamasını düzeltmek için asimetrik bir kas aktivasyonu gözlenmiştir. Spektral analiz sonuçları, sağlıklı bireylerin Egzersiz A sırasında gösterdiği simetrik aktivitelerin aksine, AİS bireylerde sağlıklı bireylere göre yüksek frekanslara doğru yayılan bir aktivite deseni sergilendiğini göstermektedir. Bu durum, AİS bireylerin kas aktivasyonlarında farklı bir frekans spektrumuna sahip olduğunu ve bu durumun motor kontrol mekanizmalarındaki adaptasyonları yansıttığını düşündürmektedir. Aynı zamanda, yüksek frekanslı kas aktivitesi kas yorgunluğu ile ilişkilendirilebilir. Özellikle ani, hızlı ve güçlü kas kasılma ve gevşemeleri gerektiren aktivitelerde, kas lifleri daha hızlı bir şekilde çalışmak zorunda kalabilir. İstatistiksel analizler, sağlıklı ve AİS bireyler arasındaki kas aktivasyonlarının anlamlı farklılıklar içerdiğini ortaya koymaktadır. Mann-Whitney U testi sonuçları, egzersiz A sırasında sağlıklı ve AİS bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bu farklılıklar, özellikle majör pectoralis ve rektus abdominis kaslarında belirgin olup, bu kas gruplarının aktivasyon düzeylerindeki anlamlı değişiklikleri yansıtmaktadır. Sonuç olarak, egzersiz A sırasında sağlıklı ve AİS bireylerin kas aktivasyonları arasındaki farklılıklar, motor kontrol ve postür stabilitesi açısından önemli bilgiler sunmaktadır.

Basic tension hareketi (Egzersiz B) sırasında, ayaklar üzerine yük bindirilirken, dizler bükülerek ve kalça geriye doğru itilerek omuz genişliğinde pozisyon alınır. Pozisyon sabit kalır iken derin bir diyaframik solunum yapılır ve nefes alırken karın şişer, nefes verirken karın içeri doğru çekilir. Simetrik kas aktivasyonu gerektiren egzersizlerden biridir. Sağlıklı bireylerde Egzersiz B sırasında majör pectoralis, trapezius, rectus abdominis ve deltoid kaslarının aktif bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Özellikle trapezius kasının orta hattında en yüksek aktivitenin gözlemlenmesi, bu kasın Egzersiz B sırasında öne çıkan bir rol üstlendiğini işaret etmektedir. Trapezius kasında üst ve alt bölgelerdeki sol ve sağ kas aktivitelerinin oranları incelendiğinde, sağlıklı bireylerde simetrik bir aktivite görülmüştür. AİS bireylerde ise trapezius kas bölgesinde asimetrik aktivite gözlemlenmiştir. Sağ taraftaki trapezius kasının sol tarafa göre daha baskın olduğu belirlenmiştir. Bu durum, skolyozlu

bireylerin postüral kontrol sistemlerinde adaptasyon süreçlerinin olduğunu düşündürmektedir. Omurga eğriliğine bağlı olarak kas dinamiklerinin farklı çalıştığını da söyleyebiliriz. Rectus abdominis kasında ise AİS bireylerde aktivite gözlenmemiştir. Plank egzersizlerinde daha belirgin gözlemleyeceğimiz abdominal bölge kasları, bu hareket içinde önelidir. Solunum tekniğinde abdominal bölge kısımlarında sağlıklı bireylerde aktivite bulunurken AİS bireylerde aktivite yoktur. Bu hareket AİS bireylerin abdominal bölge kaslarının zayıflığını ön plana çıkarmıştır. AİS bireylerin sağ deltoid kasının sol deltoid kasına göre daha etkin kasıldığında gözlenmiştir. Spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerde Egzersiz B sırasında majör pectoralis, trapezius, rectus abdominis ve deltoid kaslarında belirgin bir şekilde çalışma gözlemlenmiştir. Trapezius kasının orta hattında en yüksek DPE değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. AİS bireylerin sağlıklı bireylere göre yüksek frekans değerlerine doğru bileşen ürettiği bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, Egzersiz B sırasında sağlıklı bireylerle AİS bireyler arasında bazı anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Egzersiz B için yapılan Mann-Whitney U testinde, sağlıklı bireylerle AİS bireyler arasındaki p değeri 0.073 olarak bulunmuştur. Hareket bazlı anlamlı fark çıkmasa bile kanal bazlı anlamlı farklar mümkündür. Kanal bazlı karşılaştırmalarda ise rektus abdominis kası ve latissimus dorsi kaslarında anlamlı farklar bulunmuştur. Özellikle abdominal bölge kaslarında anlamlı fark çıkması, abdominal bölge zayıflığını teyit etmektedir. Sonuç olarak, bu bulgular, egzersiz B'nin sağlıklı bireylerde ve AİS bireylerde farklı kas aktivasyonu profillerine neden olduğunu göstermektedir. AİS bireylerdeki asimetrik aktivite ve spektral analizdeki farklılıklar, skolyozun etkisiyle postür kontrol sistemindeki adaptasyonları yansıtabilir.

Shoulder counter traction hareketi (Egzersiz C) sırasında, sağ elde sopa tutulur ve sol el vücuda paralel şekilde sandalye başlığından tutulur. Sağ dirsek ile omuz yere paralelliği bozulmadan vücuda doğru itilir. Bu sırada sol dirsek ve el yere paralel şekilde sandalye başlığında, vücuda doğru itme kuvveti gerçekleştirilir. Dinlenmede derin nefes alınır ve hareket esnasında nefes yavaşça verilir. Schroth egzersizleri arasında omurga eğriliği yönü temelli asimetri gerektiren egzersizdir. Sağlıklı bireylerde egzersiz sırasında sol majör pectoralis, sol external oblik kaslarında aktif bir kas çalışması gözlemlenirken, sırt bölgesinde sağ trapezius ve sağ deltoid kaslarında da aktivite tespit edilmiştir. Bu durum, sağlıklı bireylerde Egzersiz C'nin asimetrik kas aktivasyonunu destekleyen bir etki yarattığını göstermektedir. Özellikle sol majör pectoralis ve sol external oblik kaslarında sağlıklı bireylere göre belirgin bir aktivite saptanmıştır. AİS'li bireylerde ise egzersiz sırasında ön gövde kaslarında belirgin bir aktivite gözlenmemiştir. Ayrıca, trapezius kasında sağ tarafta daha baskın bir aktivite bulunurken, sol tarafta trapezius kasında sağlıklı bireylere göre daha düşük aktivite seviyeleri gözlemlenmiştir. Bu durum, AİS'li bireylerin egzersiz sırasında farklı kas aktivasyon desenlerine sahip olduğunu ve asimetrik kas çalışmasının sağlıklı bireylerle kıyaslandığında değişiklik gösterdiğini göstermektedir. Mann-Whitney U testi sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerle AİS'li bireyler arasında Egzersiz C için yapılan karşılaştırmada p değeri 0.02 olarak bulunmuştur. Bu istatistiksel farklılık, Egzersiz C'nin kas aktivasyonu üzerinde AİS'li bireylerde farklı etkiler yarattığını göstermektedir. Ayrıca, external oblique kası ve latissimus dorsi kası için 0.05'in altında gözlenmiş olup anlamlı farklılık saptanmıştır. Bu sonuçlar, spesifik kas gruplarında AİS'li bireylerin Egzersiz C'ye farklı bir şekilde yanıt verdiğini göstermektedir. Spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerin Egzersiz C için

göğüs ve abdominal bölge kaslarında sol majör pectoralis ve sol external oblik kaslarda düşük frekansta WPE değerleri gözlenirken, AİS'li bireylerde yüksek frekansta WPE değerleri dikkat çekmektedir. Bu durum, AİS'li bireylerin egzersiz sırasında farklı frekans bölgelerinde kas aktivasyonu yaşadığını ve sağlıklı bireylerle kıyaslandığında spektral analizde farklılıklar olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, Egzersiz C'nin sağlıklı bireylerle AİS'li bireyler arasında asimetric kas aktivasyonu açısından farklı etkiler yarattığı görülmektedir.

Muscle Cylinder hareketi (Egzersiz D) sırasında, ayakta iken sağ ayak havada sol ayak yerde ve ağırlık sol ayak üstünde tutulur. Sağ el omuzda, sol el ise belden kavrar. Sağ omuzdan vücuda doğru itme hareketi yapılırken, kalçada sağ dışa doğru itme hareketi uygulanır. Dinlenmede derin nefes alınır ve hareket esnasında nefes yavaşça verilir. Schroth egzersizleri arasında omurga eğriliği yönü temelli asimetri gerektiren egzersizdir. Sağlıklı bireylerde Egzersiz D sırasında özellikle sırt bölgesinde sağ trapezius, sağ deltoid, ve sol yanal latissimus dorsi kaslarında aktif bir kas çalışması gözlemlenmiştir. Ayrıca, sağ external oblik kasında da düşük bir aktivite tespit edilmiştir. Bununla birlikte, AİS bireylerde ise sağlıklı bireylere benzer sağ bölgelerde yüksek aktivite gözlenirken, sol bölgede de anlamlı aktivitenin gözlenmiştir. Özellikle üst sol trapezius, alt sol trapezius, sağ deltoid kaslarında belirgin bir aktivite saptanmıştır. Spektral analiz sonuçlarına göre ise sağlıklı bireylerin Egzersiz D için sırt bölgesi kaslarında düşük frekansta WPE değerleri gözlenirken, AİS'li bireylerde yüksek frekansta WPE değerleri dikkat çekmektedir. Bu durum, AİS'li bireylerin egzersiz sırasında farklı frekans bölgelerinde kas aktivasyonu yaşadığını ve sağlıklı bireylerle kıyaslandığında spektral analizde farklılıklar olduğunu göstermektedir. İstatistik sonuçlarına bakıldığında ise sağlıklı bireylerle AİS'li bireyler arasında Egzersiz D için yapılan karşılaştırmada p değeri 0.58 olarak bulunmuştur, yani istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, kanal bazlı karşılaştırmalarda, external oblique ve trapezius, latissimus dorsi ve deltoid kaslarında 0.05'in altında değer almış olup anlamlı fark tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Egzersiz D'nin spesifik kas grupları üzerinde AİS'li bireylerde belirgin etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Aynı zamanda Schroth egzersizlerinin etkin çalıştığını da bu hareket ile ulaşabiliriz. Çünkü omurga eğrilik yönündeki aktivite omurga eğriliğinde gerilemeye yardımcı olabilmektedir. Sonuç olarak, Egzersiz D'nin sağlıklı bireylerle AİS'li bireyler arasında asimetric kas aktivasyonu açısından farklı etkiler yarattığı görülmektedir. Kanal bazlı analizler ve spektral analiz, spesifik kas grupları ve frekans bölgelerindeki farklılıkları vurgulamaktadır.

Sol plank hareketi (Egzersiz E) sırasında, lateral pozisyonda yatın ve sol dirseği kullanarak vücut yukarı kaldırılır, böylece sadece sol dirsek ve sol ayağın yere temas edecek şekilde bir plank pozisyonu oluşturulur. Sağ el belde durarak yanal dengeyi sağlanmalıdır. Sağlıklı bireylerde, sol plank egzersizi sırasında sol ve sağ deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kaslarının aktif bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Özellikle, sol deltoid kası ve sağ deltoid kası ile üst sol rectus abdominis kası ve alt sol rectus abdominis kası bölgelerinde belirgin kas aktivasyonları tespit edilmiştir. AİS'li bireylerde ise sol plank egzersizi sırasında sırt bölgesi kaslarında, alt bölge trapezius kasında, sol external oblik kasında, sol yanal latissimus dorsi ve kol kaslarından sol deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Özellikle, sol deltoid kası ve alt sol trapezius ile alt sağ trapezius bölgelerinde belirgin kas aktivasyonları gözlenmiştir. Plank

hareketlerinde sağlıklı bireylerde abdominal bölge kas aktivasyonu bulunurken AİS bireylerde bulunamamıştır. Spektral analiz sonuçları, sağlıklı bireylerde sol ve sağ deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kaslarında düşük frekansta WPE değerlerinin olduğunu göstermiştir. Spektral analiz sonuçları, AİS'li bireylerde sol plank egzersisi sırasında yüksek frekansta WPE değerlerinin olduğunu göstermiştir. İstatistik sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerle AİS'li bireyler arasında Egzersiz E için yapılan karşılaştırmada p değeri 0.03 olarak bulunmuştur, yani istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Kanal bazlı analizlerde, pectoralis major, external oblique, rectus abdominis, trapezius ve latissimus dorsi kasları için anlamlı fark bulunmuştur. Abdominal bölge anlamlı fark olması AİS bireylerin omurga eğriliğine bağlı ön gövde kasları zayıflığına işaret etmektedir. Spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerde sol plank egzersisi sırasında sol ve sağ deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kaslarında düşük frekansta WPE değerleri gözlenirken, AİS'li bireylerde yüksek frekansta WPE değerleri dikkat çekmektedir. Sonuç olarak, Egzersiz E'nin sağlıklı bireyler ve AİS'li bireyler arasında farklı kas aktivasyon desenleri oluşturduğu ve spektral analizde de belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir.

Sağ plank hareketi (Egzersiz F) sırasında, lateral pozisyonda yatılır ve sağ dirseği kullanarak vücut yukarı kaldırılır, böylece sadece sağ dirsek ve sağ ayağın yere temas edecek şekilde bir plank pozisyonu oluşturulur. Sol el belde durarak yanal dengeyi sağlanmalıdır. Sağlıklı bireylerde, sağ plank egzersizi sırasında sağ deltoid, sağ rectus abdominis ve sağ external oblik kaslarının aktif bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. Ayrıca, sağ external oblik ve sağ latissimus dorsi kaslarında da yüksek aktivite seviyeleri kaydedilmiştir. Spektral analiz sonuçları, sağlıklı bireylerde sağ plank egzersisi sırasında bu kas gruplarında düşük frekansta WPE değerlerinin olduğunu göstermiştir. AİS'li bireylerde ise sağ plank egzersizi sırasında sırt bölgesi kaslarında, alt bölge trapezius kasında, sağ external oblik kasında, latissimus dorsi ve kol kaslarından sol deltoid kasında aktivite bulunmuştur. Özellikle, sağ deltoid kası ve alt sol trapezius ile alt sağ trapezius bölgelerinde belirgin kas aktivasyonları tespit edilmiştir. Ayrıca, sağ external oblik kası ve sağ latissimus dorsi kaslarında da yüksek aktivite seviyeleri gözlenmiştir. Spektral analiz sonuçları, AİS'li bireylerde sağ plank egzersizi sırasında bu kas gruplarında yüksek frekansta WPE değerlerinin olduğunu göstermiştir. İstatistik analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerle AİS'li bireyler arasında Egzersiz F için yapılan karşılaştırmada p değeri 0.79 olarak bulunmuştur, yani istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak, kanal bazlı analizlerde external oblique, rectus abdominis, trapezius ve latissimus dorsi kaslarında anlamlı farklar bulunmuştur. Spektral analiz sonuçlarına göre, sağlıklı bireylerde sağ plank egzersizi sırasında düşük frekansta WPE değerleri gözlenirken, AİS'li bireylerde yüksek frekansta WPE değerleri dikkat çekmektedir. Bu durum, AİS bireylerin kas aktivasyon desenlerinde sağlıklı bireylerden farklılıklar olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, Egzersiz F'nin sağlıklı bireyler ve AİS'li bireyler arasında farklı kas aktivasyon desenleri oluşturduğu ve spektral analizde de belirgin farklılıklar olduğu görülmektedir.

Egzersiz A için yapılan simetri indeks sonuçları, sağlıklı bireyler ile AİS bireyler arasındaki simetri düzeyini değerlendirmektedir. Egzersiz A, omuz başlıklarının yere paralel olacak şekilde omuz hizalaması ve yer paralel kalça hizalaması ile yapılan bir harekettir. Bu egzersizde sağ ve sol kolun simetrik bir şekilde vücudun yanlarında tutulması beklenir. Simetri indeksi hesaplaması, sağ ve sol bölge kaslarının

koordinasyonlu ve benzer olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. İdeal olarak, simetri indeksi 1 veya 1'e yakın olduğunda, hareketin simetrik olduğu kabul edilir. Sağlıklı bireylerin simetri indeks değerlerinin, AİS'li bireylere göre 1'e daha yakın olduğu ve hareketi daha simetrik bir şekilde gerçekleştirdiği gözlemlenmiştir. US-AİS bireylerin, YB-AİS bireylere göre hareketi daha simetrik bir şekilde yaptığı belirlenmiştir. Yani, US-AİS'li bireylerin, YB-AİS'li bireylere göre daha iyi bir simetri indeksi sergilediği görülmüştür. Bu sonuçlar, Egzersiz A'nın simetri gerektiren bir hareket olduğunu ve sağlıklı bireylerde daha iyi bir simetri sağladığını, aynı zamanda AİS'li bireyler arasında bile farklı simetri düzeylerinin bulunduğunu göstermektedir. Simetri indeksi sonuçları, egzersiz programlarının ve rehabilitasyon yaklaşımlarının bireylerin skolyoz durumlarına göre özelleştirilmesinin önemini vurgular. Ayrıca, egzersizlerin simetri açısından değerlendirilmesi, skolyozlu bireylerin fiziksel uygunluklarını ve postür kontrol becerilerini geliştirmek adına daha etkili tedavi stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlayabilir.

Egzersiz B için yapılan simetri indeks sonuçları, sağlıklı bireylerle AİS bireyler arasındaki simetri düzeyini değerlendirmektedir. Egzersiz B, ayaklar üzerine yük bindirilirken, bükülmüş dizler ve geriye itilmiş kalça ile omuz genişliğinde bir pozisyon almayı içermektedir. Bu egzersiz sırasında sabit bir pozisyon korunurken derin diyaframik solunum yapılır; nefes alırken karın şişer, nefes verirken ise karın içeri doğru çekilir. Bu hareketin simetri gerektirdiği ve sağ ve sol bölge kaslarının koordinasyonlu ve benzer olması beklendiği belirtilmiştir. Simetri indeksi hesaplaması, sağ ve sol bölge kaslarının oranlanarak değerlendirilmesiyle gerçekleştirilir. İdeal durumda, simetri indeksi 1 veya 1'e yakın olduğunda, hareketin simetrik olduğu kabul edilir. Sağlıklı bireylerin simetri indeks değerlerinin, AİS'li bireylere göre 1'e daha yakın olduğu ve hareketi daha simetrik bir şekilde gerçekleştirdiği görülmüştür. AİS bireyleri arasında US-AİS ve YB-AİS gruplarına ayrılmıştır. Bu gruplandırmada, US-AİS bireylerin, YB-AİS bireylere göre hareketi daha simetrik bir şekilde yaptığı belirlenmiştir. Yani, US-AİS'li bireylerin, YB-AİS'li bireylere göre daha iyi bir simetri indeksi sergilediği görülmüştür. Bu sonuçlar, sağlıklı bireylerde daha iyi bir simetri sağladığını, aynı zamanda AİS'li bireyler arasında bile farklı simetri düzeylerinin bulunduğunu göstermektedir. Egzersiz programlarının ve rehabilitasyon yaklaşımlarının, bireylerin skolyoz durumlarına göre özelleştirilmesinin önemini vurgular. Egzersizlerin simetri açısından değerlendirilmesi, skolyozlu bireylerin fiziksel uygunluklarını ve postür kontrol becerilerini geliştirmek adına daha etkili tedavi stratejilerinin belirlenmesine katkı sağlayabilir.

6. SONUÇLAR

Bu doktora tez çalışmasında, AİS ile sağlıklı bireyler arasında Schroth egzersizi esnasında alınan sEMG verileri analiz edilip yorumlanmıştır. Bulgular bölümünde, 6 adet egzersizin kas dinamikleri, kas aktivasyon haritası, ayrıntılı frekans yanıtları, simetri hesaplamaları için indeks değerleri ve istatistik sonuç tabloları sunulmuştur.

Egzersiz A (Dik Durma Hareketi) sırasında sağlıklı bireylerin üst gövde kaslarının koordineli ve simetrik bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Ancak, AİS bireylerde omurga eğriliğinden kaynaklı olarak omuz ve pelvik hizalama sorunlarından dolayı asimetrik bir kas aktivasyonu gözlenmiştir. Spektral analiz sonuçları, sağlıklı bireylerde düşük frekansta simetrik aktivitelerin görülmesine karşın, AİS bireylerde yüksek frekanslara doğru bir aktivite deseni olduğunu göstermektedir. İstatistiksel analizler, sağlıklı ve AİS bireyler arasında egzersiz A sırasında anlamlı farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur.

Egzersiz B (Basic Tension Hareketi) sırasında sağlıklı bireylerde majör pectoralis, trapezius, rectus abdominis ve deltoid kaslarının aktif bir şekilde çalıştığı tespit edilmiştir. AİS bireylerde ise trapezius kasında sağ tarafta daha baskın bir aktivite ve rectus abdominis kasında aktivite gözlenmemiştir. Spektral analiz sonuçları, AİS bireylerde Egzersiz B sırasında farklı frekans spektrumlarına işaret etmektedir. İstatistiksel analizler, sağlıklı ve AİS bireyler arasında Egzersiz B sırasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Egzersiz C (Shoulder Counter Traction Hareketi) sırasında sağlıklı bireylerde sağ ve sol deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kaslarında simetrik bir aktivite gözlemlenirken, AİS bireylerde asimetrik aktivite desenleri belirlenmiştir. İstatistiksel analizler, Egzersiz C sırasında sağlıklı ve AİS bireyler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Egzersiz D (Muscle Cylinder Hareketi) sırasında sağlıklı bireylerde sırt bölgesinde sağ trapezius, sağ deltoid ve sol yanal latissimus dorsi kaslarında aktif bir kas çalışması tespit edilmiştir. AİS bireylerde ise benzer kas gruplarında ve frekans bölgelerinde farklı bir kas aktivasyon deseni gözlenmiştir. İstatistiksel analizlerde bazı farklılıklar tespit edilmiş olsa da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Egzersiz E (Sol Plank Hareketi) sırasında sağlıklı bireylerde sol ve sağ deltoid, sol rectus abdominis ve sol external oblik kaslarında simetrik bir aktivite gözlenirken, AİS bireylerde sırt bölgesi kaslarında ve sol deltoid kasında asimetrik aktivite belirlenmiştir. İstatistiksel analizler, Egzersiz E sırasında sağlıklı ve AİS bireyler arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir.

Egzersiz F (Sağ Plank Hareketi) sırasında sağlıklı bireylerde sağ deltoid, sağ rectus abdominis ve sağ external oblik kaslarında aktif bir kas çalışması tespit edilmiştir. AİS bireylerde ise sırt bölgesi kaslarında ve sağ deltoid kasında asimetrik aktivite belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerde bazı farklılıklar tespit edilmiş olsa da istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

AİS bireylerde omurga eğriliğine bağlı olarak ortaya çıkan asimmetrik kas aktivasyonu ve farklı frekans spektrumlarına işaret etmektedir. Bu noktada, Schroth egzersizlerinin AİS hastalarında kas aktivasyonunu düzeltme potansiyeli olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle, egzersiz A ve B sırasında ortaya çıkan anlamlı farklılıklar, tedavi protokollerinin tasarlanmasında ve bireyselleştirilmiş rehabilitasyon planlarının oluşturulmasında rehberlik edebilir. Bu çalışma, klinik uygulamalarda Schroth egzersizlerinin AİS'li bireylerin kas koordinasyonunu düzeltme ve spinal deformitelerin etkilerini hafifletme potansiyelini anlamamıza katkı sağlamaktadır. Gelecekteki araştırmalarda, bu egzersizlerin uzun vadeli etkilerini değerlendirmeye yönelik prospektif çalışmalara ve farklı yaş gruplarında geniş katılımlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.



7. KAYNAKLAR

- A. F. Mannion, M. Meier, D. Grob, and M. Müntener. 1998. Paraspinal muscle fibre type alterations associated with scoliosis: an old problem revisited with new evidence, *European Spine Journal*, 7(4): 289–293.
- Adrian, E. D., & Bronk, D. W. 1928. The discharge of impulses in motor nerve fibres: Part I. Impulses in single fibres of the phrenic nerve. *The Journal of physiology*, 66(1): 81.
- Alemu, M., Kumar, D. K. and Bradley, A. 2003. Time-frequency analysis of SEMG with special consideration to the interelectrode spacing. *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, 11(4): 341-345.
- Avikainen, V. J., Rezasoltani, A. and Kauhanen, H. A. 1999. Asymmetry of paraspinal EMG-time characteristics in idiopathic scoliosis. *Clinical Spine Surgery*, 12(1): 61-67.
- Berdishevsky, H., Lebel, V. A., Bettany-Saltikov, J., Rigo, M., Lebel, A., Hennes, A. and Durmala, J. 2016. Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and spinal disorders*, 11(1): 1-52.
- Berdishevsky, H., Lebel, V. A., Bettany-Saltikov, J., Rigo, M., Lebel, A., Hennes, A. and Durmala, J. 2016. Physiotherapy scoliosis-specific exercises—a comprehensive review of seven major schools. *Scoliosis and spinal disorders*, 11(1): 1-52.
- Bettany Saltikov, J., Parent, E., Romano, M., Villagrasa, M. and Negrini, S. 2014. Physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for adolescents with idiopathic scoliosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 50(1): 111-121.
- Bettany Saltikov, J., Parent, E., Romano, M., Villagrasa, M. and Negrini, S. 2014. Physiotherapeutic scoliosis-specific exercises for adolescents with idiopathic scoliosis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 50(1): 111-121.
- Bettany-Saltikov, J., Cook T., Rigo M., De Mauroy J.C., Romano M., Negrini S., Durmala J., del Campo A., Coillard C., and Hang A. 2012. Physical Therapy for Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Physical Therapy Perspectives in the 21st Century—Challenges and Possibilities*, 3-40.
- Bigland-Ritchie, B. 1981. EMG/force relations and fatigue of human voluntary contractions. *Exercise and sport sciences reviews*, 9(1): 75-118.
- Bunnell, W. P. 1988. The natural history of idiopathic scoliosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 229: 20-25.

- Champaign, N. 2004. Recherche des facteurs biomécaniques dans l'aggravation des scolioses idiopathiques. Doctoral dissertation, ENSAM, Paris
- Cheung, J., Halbertsma, J. P., Veldhuizen, A. G., Sluiter, W. J., Maurits, N. M., Cool, J. C. and van Horn, J. R. 2005. A preliminary study on electromyographic analysis of the paraspinal musculature in idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 14: 130-137.
- Cheung, J., Veldhuizen, A. G., Halbertsma, J. P., Maurits, N. M., Sluiter, W. J., Cool, J. C. and Van Horn, J. R. 2004. The relation between electromyography and growth velocity of the spine in the evaluation of curve progression in idiopathic scoliosis. *Spine*, 29(9): 1011-1016.
- Cheung, M. C., Yip, J. and Lai, J. S. 2022. Biofeedback posture training for adolescents with mild scoliosis. *BioMed Research International*, 2022.
- Choi, J. H., Oh, E. G. And Lee, H. J. 2011. Comparisons of postural habits, body image, and peer attachment for adolescents with idiopathic scoliosis and healthy adolescents. *Child Health Nursing Research*, 17(3): 167-173.
- Clancy, E. A., Morin, E. L. and Merletti, R. 2002. Sampling, noise-reduction and amplitude estimation issues in surface electromyography. *Journal of electromyography and kinesiology*, 12(1): 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(1): 47-57.
- Cram, J. R. 2003. The history of surface electromyography. *Applied psychophysiology and biofeedback*, 28: 81-91.
- Danielsson, A. J. and Nachemson, A. L. 2003. Back pain and function 23 years after fusion for adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study part II. *Spine*, 28(18): E373-E383.
- Danielsson, A. J., Romberg, K. and Nachemson and A. L. 2006. Spinal range of motion, muscle endurance, and back pain and function at least 20 years after fusion or brace treatment for adolescent idiopathic scoliosis: a case-control study. *Spine*, 31(3): 275-283.
- Daubechies, I. 1992. Ten Lectures on Wavelets. Philadelphia: Soc. Ind. Applied Math.
- De Luca, C. J. 2006. Electromyography. Encyclopedia of medical devices and instrumentation. *John Wiley Publisher*, 98-109.
- Dickhaus, H. and Heinrich, H. 1996. Identification of high risk patients in cardiology by wavelet networks. *Engineering in Medicine and Biology Society* (3): 923-924
- Donaldson, S., Donaldson, M. and Snelling, L. 2003. SEMG evaluations: an overview. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 28(2).

- Elattar, E. A., Saber, N. Z. and Farrag, D. A. 2015. Predictive factors for progression of adolescent idiopathic scoliosis: a 1-year study. *Egyptian Rheumatology and Rehabilitation*, 42: 111-119.
- Gao, R. X., Yan, R., Gao, R. X. and Yan, R. 2011. Wavelet packet transform. *Wavelets: theory and applications for manufacturing*. 69-81.
- Goldstein, L. A. and Waugh, T. R. 1973. Classification and terminology of scoliosis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 93: 10-22.
- Graps, A. 1995. An introduction to wavelets. *IEEE computational science and engineering*, 2(2): 50-61.
- Haber, C. K. and Sacco, M. 2015. Scoliosis: lower limb asymmetries during the gait cycle. *Archives of physiotherapy*, 5: 1-8.
- Harrington, P. R. 1972. Technical details in relation to the successful use of instrumentation in scoliosis. *Orthopedic Clinics of North America*, 3(1): 49-67.
- Kappenman, E. S. and Luck, S. J. 2010. The effects of electrode impedance on data quality and statistical significance in ERP recordings. *Psychophysiology*, 47(5): 888-904.
- Kehri, V., Ingle, R., Awale, R. and Oimbe, S. 2016. Techniques of EMG signal analysis and classification of neuromuscular diseases. *Communication and Signal Processing* 481-487
- Kilby, J. and Prasad, K. 2013. Analysis of surface electromyography signals using discrete Fourier transform sliding window technique. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, 5(2): 321.
- King, A. G. 1983. Functional anatomy of the lumbar spine. *Orthopedics*, 6(12): 1588-1590.
- Klausen, K. 1965. The form and function of the loaded human spine. *Acta Physiologica Scandinavica*, 65(1-2): 176-190.
- Ko, J. Y., Suh, J. H., Kim, H. and Ryu, J. S. 2018. Proposal of a new exercise protocol for idiopathic scoliosis: A preliminary study. *Medicine*, 97(49).
- Korkmaz, M. F., Sevimli, R., Selcuk, E. B. and Cigremis, Y. 2015. Three-dimensional spinal deformity: scoliosis. *Med Sci*, 4: 1796-1808.
- Kumar, D. K. and Pah, N. D. 2000. Neural networks and wavelet decomposition for classification of surface electromyography. *Electromyography and clinical neurophysiology*, 40(7): 411-421.
- Kumar, K. 1996. Spinal deformity and axial traction. *Spine*, 21(5): 653-655.
- Kupa, E. J., Roy, S. H., Kandarian, S. C. and De Luca, C. J. 1995. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. *Journal*

of applied physiology, 79(1): 23-32.

- Kuznia, A. L., Hernandez, A. K. and Lee, L. U. 2020. Adolescent idiopathic scoliosis: common questions and answers. *American family physician*, 101(1): 19-23.
- Kwok, G., Yip, J., Cheung, M. C. and Yick, K. L. 2015. Evaluation of myoelectric activity of paraspinal muscles in adolescents with idiopathic scoliosis during habitual standing and sitting. *BioMed Research International*.
- Lee, C. H., Jeong, Y. T., Kim, H. C. and Yoo, H. S. 2006. Comparison of physique, physical fitness and mental health between spinal scoliotic and normal students. *The Korean Journal of Growth and Development*, 14(2): 87-94.
- Lippold, O. C. J. 1952. The relation between integrated action potentials in a human muscle and its isometric tension. *The Journal of physiology*, 117(4): 492.
- Luque ER. 1998. Anatomy of scoliosis and its correction. *Clin Orthop* 105-198.
- Marketos, S.G. and Skiadas, P. K. 1999. Galen: a pioneer of spine research. *Spine*, 24(22): 2358.
- McKnight, P. E. and Najab, J. 2010. Mann-Whitney U Test. *The Corsini encyclopedia of psychology*, 1-1.
- Misiti, M., Misiti, Y., Oppenheim, G. and Poggi, J. M. 1996. *Wavelet toolbox The MathWorks* 15-21.
- Moramarco, M., Borysov, M., Ng, S. Y. and Weiss, H. R. 2020. Schroth's scoliosis and other spinal deformities. *Cambridge Scholars Publishing*.
- Nazmi, N., Abdul Rahman, M. A., Yamamoto, S. I., Ahmad, S. A., Zamzuri, H. and Mazlan, S. A. 2016. A review of classification techniques of EMG signals during isotonic and isometric contractions. *Sensors*, 16(8): 1304.
- Negrini, S., Aulisa, A. G., Aulisa, L., Circo, A. B., De Mauroy, J. C., Durmala, J. and Zaina, F. 2012. 2011 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis*, 7(1): 1-35.
- Negrini, S., Donzelli, S., Aulisa, A. G., Czaprowski, D., Schreiber, S., de Mauroy, J. C. and Zaina, F. 2018. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and spinal disorders*, 13(1): 1-48.
- Negrini, S., Donzelli, S., Aulisa, A. G., Czaprowski, D., Schreiber, S., de Mauroy, J. C. and Zaina, F. 2018. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth. *Scoliosis and spinal disorders*, 13(1): 1-48.
- Negrini, S., Fusco, C., Minozzi, S., Atanasio, S., Zaina, F. and Romano, M. 2008. Exercises reduce the progression rate of adolescent idiopathic scoliosis: results of a comprehensive systematic review of the literature. *Disability and*

- Rehabilitation*, 30(10): 772-785.
- Oestreich, A. E., Young, L. W. and Young Poussaint, T. 1998. Scoliosis circa 2000: radiologic imaging perspective: I. Diagnosis and pretreatment evaluation. *Skeletal Radiology*, 27: 591-605.
- Reamy, B. V. and Slakey, J. B. 2001. Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts. *American Family Physician*, 64(1): 111-117.
- Reaz, M. B. I., Hussain, M. S. and Mohd-Yasin, F. 2006. Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online*, 8: 11-35.
- Roach, J. W. 1999. Adolescent idiopathic scoliosis. *Orthopedic Clinics of North America*, 30(3): 353-365.
- Roaf, R. 1966. The basic anatomy of scoliosis. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 48(4): 786-792.
- Romano, M., Minozzi, S., Bettany-Saltikov, J., Zaina, F., Chockalingam, N., Kotwicki, T. and Negrini, S. 2012. Exercises for adolescent idiopathic scoliosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (8).
- Saini, D. and Arumugam, N. 2022. Physiotherapy in Musculoskeletal conditions: AB No: 8: Effectiveness of Holistic approach an Osteo-Fascial Remodeling in adolescent Idiopathic Scoliosis–Single Case Study. *Journal of Society of Indian Physiotherapists*, 6(2): 79-80.
- Schreiber, S., Parent, E. C., Khodayari Moez, E., Hedden, D. M., Hill, D. L., Moreau, M. and Southon, S. C. 2016. Schroth physiotherapeutic scoliosis-specific exercises added to the standard of care lead to better Cobb angle outcomes in adolescents with idiopathic scoliosis—an assessor and statistician blinded randomized controlled trial. *Plos One*, 11(12): e0168746.
- Schreiber, S., Parent, E. C., Moez, E. K., Hedden, D. M., Hill, D., Moreau, M. J. and Southon, S. C. 2015. The effect of Schroth exercises added to the standard of care on the quality of life and muscle endurance in adolescents with idiopathic scoliosis—an assessor and statistician blinded randomized controlled trial: “SOSORT 2015 Award Winner”. *Scoliosis*, 10(1): 1-12.
- Shanmuganathan, R., Anand, K. S. V. and Shetty, A. 2020. Etiology and natural history of adolescent idiopathic scoliosis: A review. *Indian Spine Journal*, 3(2): 131-131.
- Shneerson, J. M. and Madgwick, R. 1979. The effect of physical training on exercise ability in adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 50(3): 303-306.
- Siegel, R. E. 1980. Galen on the affected parts. *Journal of the History of Biology*, 13(1).

- Stegeman, D. F., Blok, J. H., Hermens, H. J. and Roeleveld, K. 2000. Surface EMG models: properties and applications. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5): 313-326.
- Stokes, I. and Gardner-Morse, M. 2002. The role of muscles and effects of load on growth. In *Research into Spinal Deformities*, 4: 314-317.
- Sundelin, G. and Hagberg, M. 1989. The effects of different pause types on neck and shoulder EMG activity during VDU work. *Ergonomics*, 32(5): 527-537.
- Vasiliadis, E. S., Grivas, T. B. and Kaspiris, A. 2009. Historical overview of spinal deformities in ancient Greece. *Scoliosis*, 4: 1-13.
- Weinstein, S. L. 2019. The natural history of adolescent idiopathic scoliosis. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 39: S44-S46.
- Weinstein, S. L., Dolan, L. A., Cheng, J. C., Danielsson, A. and Morcuende, J. A. 2008. Adolescent idiopathic scoliosis. *The Lancet*, 371(9623): 1527-1537.
- Weiss, H. R. 1993. Imbalance of electromyographic activity and physical rehabilitation of patients with idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 1: 240-243.
- Weiss, H. R. and Goodall, D. 2008. The treatment of adolescent idiopathic scoliosis (AIS) according to present evidence. A systematic review. *European journal of physical and rehabilitation medicine*, 44(2): 177-193.
- Weiss, H. R. and Goodall, D. 2009. Scoliosis in patients with Prader Willi Syndrome—comparisons of conservative and surgical treatment. *Scoliosis*, 4(1): 1-8.14.
- Weiss, H. R., Turnbull, D., Tournavitis, N. and Borysov, M. 2016. Treatment of scoliosis-evidence and management (review of the literature). *Middle East Journal of Rehabilitation and Health*, 3(2).
- Wilczyński, J., Karolak, P., Janecka, S., Kabała, M. and Habik-Tatarowska, N. 2019. The relationship between the angle of curvature of the spine and sEMG amplitude of the erector spinae in young school-children. *Applied Sciences*, 9(15): 3115.
- Yang, J. H., Suh, S. W., Sung, P. S. and Park, W. H. 2013. Asymmetrical gait in adolescents with idiopathic scoliosis. *European Spine Journal*, 22: 2407-2413.
- Zheng, Y. P., Lee, T. T. Y., Lai, K. K. L., Yip, B. H. K., Zhou, G. Q., Jiang, W. W. and Lam, T. P. 2016. A reliability and validity study for Scolioscan: a radiation-free scoliosis assessment system using 3D ultrasound imaging. *Scoliosis and spinal disorders*, 11:1-15.

ÖZGEÇMİŞ

ELA NAZ GÖK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora	Akdeniz Üniversitesi
2018-2024	Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2016-2018	Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2012-2016	Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Antalya

ESERLER

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. K. GÖK, **E. N. DÖĞER**, M. B. GÖZTEPE, M. GÖK, ... & Ö. H. ÇOLAK, Analysis Of Abductor Pollicis Brevis And Orbicularis Oris Muscles Representation Of Full Face Transplantation Patients Using Tms, Clinical Neurophysiology, 2017, 1388-2457, 128, 9, E250
2. Bedeloğlu, M., Topcu, Ç., Akgül, A., **Döger, E. N.**, Sever, R., Ozkan, O., ... & Çolak, O. H. (2018). Image-based Analysis of Emotional Facial Expressions in Full Face Transplants. Journal of medical systems, 42(3), 42
3. Topçu, Ç., Uysal, H., Özkan, Ö., Özkan, Ö., Polat, Ö., Bedeloğlu, M., A. Akgül, **E. N. Döger** ... & Çolak, Ö. H. (2018). Recovery of facial expressions using functional electrical stimulation after full-face transplantation. Journal of neuroengineering and rehabilitation, 15(1), 15

4. Ç. Topçu, H. Uysal, Ö. Özkan, Ö. Özkan, Ö. Polat, M. Bedeloglu, A. Akgül, **E. N. Döger**, R. Sever, N. E. Barçın, K. Tombak & Ö. H. Çolak, Assessment Of Emotional Expressions After Full-face Transplantation, Neural plasticity, 2017, ID8789724,, 2017, 8789724, 7
5. K. Gök, **E. N. Döger**, M. B. Göztepe, . . . & Ö. H. Çolak, The Analysis Of Tms Brain Mapping Of Plastic Changes In Scapular-arm Replantation Patients, Clinical Neuropsychopharmacology, 2017, S0924-977X(17)31318-4,, 27, 4, S714
6. K. Gök, **E. N. Döger**, M. B. Göztepe & Ö. H. Çolak, Tms-based Cortical Mapping In Double-arm Transplantation, CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY, 2017, 1388-2457, 128, 9, E276e277
7. Ç. Topçu, H. Uysal, Ö. Özkan, Ö. Özkan, N. E. Barçın, A. Akgül, M. Bedeloglu, **E. N. Döger**, R. Sever, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Electrophysiological Evaluation Of Emotional Expressions In The Facial Transplantation Patients, CLINICAL NEUROPHYSIOLOGY, 2016, 1388-2457, 127, 3, E127
8. Şavklıyıldız, A., Özkan, Ö., Uysal, H., Şenol, U., Özkan, Ö., Doğan, E. A., **E. N. Döger**, & 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
9. Kadir, G. Ö. K., **Gök, E. N.**, Tombak, K., Karaman, N. S., & Çolak, Ö. H. (2023). Analysis And Clinical Evaluation Of Muscle Dynamics In Adolescents With Sagittal Plane Deformity. Journal of Scientific Reports-A, (054), 42-61.

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1. **E. N. Döger**, K. Gök, M. B. Göztepe, M. Gök, ... & Ö. H. Çolak, Manyetik Uyarım Ile Abductor Pollicis Brevis Kası Temsil Alanının İncelenmesi, Sözlü Sunum, 53. Ulusal Nöroloji Kongresi, 24 Kasım 2017, 30 Kasım 2017
2. K. Gök, **E. N. Döger**, M. B. Göztepe, M. Gök, ... & Ö. H. Çolak, Scapular Kol Replantlarda Tms Ile Yüz ve El Temsilinin Kortikal Haritalanması, Sözlü Sunum, 53. Nöroloji Kongresi, 24 Kasım 2017, 30 Kasım 2017
3. K. Gök, **E. N. Döger**, M. B. Göztepe, M. Gök, ... & Ö. H. Çolak, El ve Yüz Temsillerinin Serebral Kortekste Kapladığı Alanların Transkraniyal Manyetik Stimülasyon Ile Haritalandırılması, Sözlü Sunum, 21. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, 24 Kasım 2017, 26 Kasım 2017
4. Ö. Pamuk, Y. G. Özkaya, K. Gök, Ö. H. Çolak, **E. N. Döger** & G. Bılgın, Adolesan Erkek Basketbolcularda Dirençli Pliometrik Antrenmanın İzokinetik Kas Kuvveti Üzerine Etkisi, Poster Sunumu, International Sport Sciences, 15 Kasım 2017, 18 Kasım 2017
5. Ç. Topçu, A. Akgül, M. Bedeloglu, **E. N. Döger**, R. Sever, Ö. Özkan, Ö. Özkan, H. Uysal, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Yüz Hareketlerinin Sınıflandırılması İçin Yüzey Emg İsaletlerinin Entropi Analizi, Sözlü Sunum, Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları (siu) Kurultayı, 16 Mayıs 2015, 19 Mayıs 2015.
6. K. GÖK, **E. N. DÖGER**, M. B. GÖZTEPE, ... & Ö. H. ÇOLAK, The Analysis Of Tms Brain Mapping Of Plastic Changes In Scapular-arm Replantation Patients, Poster Sunumu, 30th Europeanneuropsychopharmacology (ecnp), 01 Eylül 2017, 05 Eylül 2017

7. Ö. PAMUK, K. GÖK, **E. N. DÖĞER**, Ö. H. ÇOLAK, ... & Y. G. ÖZKAYA, The Effect Of The Resistance Plyometric Training On Physical Performance In Basketball Players, Sözlü Sunum, International Sport Sciences,, 21 Nisan 2017, 23 Nisan 2017
8. K. Gök, **E. N. Döğ**, M. B. Göztepe, H. Uysal, ... & Ö. H. Çolak, Kol Nakillerinde El ve Yüz Temsilinin Kortikal Haritalanması, Sözlü Sunum, 33. Ulusal Klinik Nörofizyoloji Eeg-emg Kongresi, 06 Nisan 2017, 12 Nisan 2017.
9. K. GÖK, **E. N. DÖĞER**, M. B. GÖZTEPE, M. GÖK, ... & Ö. H. ÇOLAK, Tam Yüz Nakillerinde Yüz ve El Temsilinin Kortikal Haritalanması, Sözlü Sunum, 33. Ulusal Klinik Nörofizyoloji Eeg-emg Kongresi, 06 Nisan 2017, 12 Nisan 2017
10. K. Gök, **E. N. Döğ**, M. B. Göztepe, H. Uysal, ... & Ö. H. Çolak, Tms Ile Kortikal Motor Haritalamada Orbicularis Oris Temsil Alanı, Sözlü Sunum, İp Bilisiminde Yenilikler Sempozyumu, 25 Mart 2017, 26 Mart 2017
11. H. Uysal, Ç. Topçu, Ö. Özkan, Ö. Özkan, N. E. Barcın, **E. N. Döğ**, A. Akgül, M. Bedeloglu, R. Sever, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Electrophysiological Evaluation Of Emotional Expressions In The Facial Transplantation Patients, Poster Sunumu, 15th European Congress On Clinical Neurophysiology, 30 Eylül 2014, 03 Ekim 2014
12. M. Bedeloglu, Ç. Topçu, **E. N. Döğ**, A. Akgül, R. Sever, Ö. Özkan, Ö. Özkan, H. Uysal, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Yüz Transplantasyon Hastasında Duysal İfade Gelisiminin Görüntü Temelli Analizi, Sözlü Sunum, Tıptekno2015, 15 Ekim 2015, 18 Ekim 2015
13. H. Uysal, Ç. Topçu, Ö. Özkan, Ö. Özkan, N. E. Barcın, **E. N. Döğ**, A. Akgül, M. Bedeloglu, R. Sever, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Yüz Nakli Olgularında Duygu İfadelerinin Elektrofizyolojik Olarak Değerlendirilmesi, Sözlü Sunum, 31. Ulusal Klinik Nörofizyoloji Eeg-emg Kongresi, 08 Nisan 2015, 12 Nisan 2015
14. Ç. Topçu, A. Akgül, **E. N. Döğ**, M. Bedeloglu, R. Sever, Ö. Özkan, Ö. Özkan, H. Uysal, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Muscle Activity Detection For Basic Movements In Patients With Full Face Transplantation, Sözlü Sunum, 37th Annual International Conference Of The Ieee Engineering In Medicine And Biology Society, 25 Ağustos 2015, 29 Ağustos 2015.
15. K. Gök, D. Yaman, H. Eralp, **E. N. Döğ**, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Gerçek ve Yapay Yüz İfadelerinin Kalp Hızı Degiskenliği Üzerine Etkisi, Poster Sunumu, Tıptekno'16 Tıp Teknolojileri Kongresi, 27 Ekim 2016, 29 Ekim 2016
16. K. Gök, **E. N. Döğ**, M. B. Göztepe, M. Gök, ... & Ö. H. Çolak, Analysis Of Abductor Pollicis Brevis And Orbicularis Oris Muscles Representation Of Full Face Transplantation Patients Using Tms, Poster Sunumu, 16th European Congress On Clinical Neurophysiology, 31 Ağustos 2017, 03 Eylül 2017
17. K. Gök, **E. N. Döğ**, M. B. Göztepe, ... & Ö. H. Çolak, Tms-based Cortical Mapping In Double-arm Transplantation,, Poster Sunumu, 16th European Congress On Clinical Neurophysiology, 31 Ağustos 2017, 03 Eylül 2017.
18. Ö. Pamuk, Y. G. Özkaya, ..., K. Gök, Ö. H. Çolak, **E. N. Döğ** & G. Bılgın, Dirençli Pliometrik Antrenmanın Adolesan Erkek Basketbolcularda Anaerobik

Kapasiteye Etkisinin Arastırılması, Sözlü Sunum, International Sport Sciences, 15 Kasım 2017, 18 Kasım 2017

19. **E. N. Döger**, K. Gök, Ö. Özkan, Ö. Özkan, H. Uysal, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Discrimination Of Artificial And Actual Expression On Face Using Seng, Poster Sunumu, Icbes'16 Proceedings Of The 2nd World Congress On Electrical Engineering And Computer Systems And Science (eecs'16), 17 Agustos 2016, 18 Agustos 2016
20. **E. N. Döger**, K. Gök, Ö. Özkan, Ö. Özkan, ... & Ö. H. Çolak, Gerçek ve Taklit Duysal Yüz Ifadelerinde Kas Aktivitesi Ve Aktif Olan Yüz Bölgesi Üzerine Farklılıklar, Sözlü Sunum, 52. Nöroloji Kongresi, 25 Kasım 2016
21. **E. N. Döger**, K. Gök, Ö. Özkan, Ö. Özkan, H. Uysal, Ö. Polat & Ö. H. Çolak, Yapay ve Gerçek Yüz Ifadelerinin Dalgacık Paket Dönüşüm Tabanlı Analizi, Sözlü Sunum, Bıyomut'16 20.biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, 03 Kasım 2016, 05 Kasım 2016

PROJELER

1. Yüz ve Kol Transplantasyonlarında ve Travma Hastalarında Fonksiyonel Hareketlerin Elektriksel Uyarılar ile Geliştirilmesi TUBİTAK (1001); Lisans Bursiyer Araştırmacı
2. Yüz Nakli, Kol Nakli ve Ampute Hastalarında Beyin Plastisitesinin Analizi ve Rehabilitasyon Amaçlı Değerlendirilmesi; TUBİTAK (1001); Yüksek Lisans Bursiyer Araştırmacı
3. Tam Yüz Lezyonu Olan Yüz Nakil Adayı Olgularda Rezidü Aktivite Analizi ve Plastisite ile İlişkisinin Değerlendirilmesi; TUBİTAK (1001); Doktora Bursiyer Araştırmacı
4. 17-25 Yaş Arası Sağlıklı Grupta Yüz Spektrumunun Primer ve Duysal Hareketler için Analizi; TUBİTAK (2209A); Proje Yürütücüsü