



**T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA
TEZİ**

**SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARIN DENGİ
DEĞERLENDİRMESİNDE YENİ BİR YÖNTEM:
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ**

ZEKİYE BAŞARAN

FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

AĞUSTOS 2023



**SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARIN DENGİ DEĞERLENDİRMESİNDE
YENİ BİR YÖNTEM:
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ**

Zekiye BAŞARAN

**DOKTORA TEZİ
FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AĞUSTOS 2023

Zekiye BAŞARAN tarafından hazırlanan “SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARIN DENGİ DEĞERLENDİRMESİNDE YENİ BİR YÖNTEM: GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Bülent ELBASAN

.....

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Başkan: Prof. Dr. Nevin A. GÜZEL

.....

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Muhammed KILINÇ

.....

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Deran OSKAY

.....

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Prof. Dr. Akmer MUTLU

.....

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Zeynep EMİR

.....

Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 08/08/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Adviye Gülçin Sağdıçoğlu CELEP

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zekiye BAŞARAN

08/08/2023

SEREBRAL PALSİLİ ÇOCUKLARIN DENGE DEĞERLENDİRMESİNDE YENİ BİR YÖNTEM: GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ

(Doktora Tezi)

Zekiye BAŞARAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ağustos 2023

ÖZET

Serebral Palsi (SP)'de görülen motor ve duysal bozukluklar nedeniyle etkilenen denge becerilerinin objektif ve geçerli yöntemlerle değerlendirilmesi önemlidir. Bu sebeple çalışmada, görüntü işleme tekniği kullanılarak yeni bir yazılım programı geliştirildi ve programın SP'li bireylerin statik denge değerlendirmesi için geçerliliği değerlendirildi. Çalışmaya 5-15 yaş arası 63 SP tanısı almış ve 20 sağlıklı çocuk dahil edildi. Statik ayakta durma denge verilerini elde etmek için dört ayrı durumda (gözler açık-ayaklar omuz genişliğinde; gözler kapalı- ayaklar omuz genişliğinde; gözler açık-ayaklar bitişik; gözler kapalı-ayaklar bitişik) kuvvet platformu (Kistler Type 9260AA) üzerindeki bireylerin eş zamanlı olarak otuzar saniyelik centre of pressure (COP) hareket kaydı ve video kaydı elde edildi. COP hareket verileri statik dengeye ait parametrelerinin elde edilmesi için kullanılırken video kayıtları görüntü işleme yazılımında denge verilerinin elde edilmesi için kullanıldı. Görüntü işleme verileri kuvvet platformu COP verileriyle yüksek-zayıf düzeyde korelasyon gösterdi ($p<0.05$). Her dört durum için ayrı ayrı kurulan tahminleme modellerinin genel olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) ve en az bir anlamlı prediktöre sahip olduğu belirlendi. Ayrıca görüntü işleme yazılımı SP'li ve sağlıklı çocukları ayırt etti ($p<0.05$). Sonuç olarak, mevcut çalışmada SP'de statik dengeyi değerlendirmek için görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirilen yazılımın geçerli olduğu, klinik ve araştırma amaçlı kullanılabileceği düşünüldü.

Bilim Kodu : 1024
Anahtar Kelimeler : Denge, Fizyoterapide yazılım, Görüntü İşleme tekniği, Serebral palsi
Sayfa Adedi : 82
Danışman : Prof. Dr. Bülent ELBASAN

A NEW METHOD FOR BALANCE ASSESSMENT OF CHILDREN WITH
CEREBRAL PALSY: IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

(Ph. D. Thesis)

Zekiye BAŞARAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

August 2023

ABSTRACT

It is important to evaluate balance skills with objective and valid methods, which are affected by motor and sensory disorders in Cerebral Palsy (CP). For this reason, in this study, a new software program was developed using image processing technique and its validity was evaluated for the static balance assessment of individuals with CP. 63 children aged 5-15 years diagnosed with CP and 20 healthy children were included in the study. In order to obtain static standing balance data, simultaneously thirty-second center of pressure (COP) motion recording and video recording of individuals on a force platform (Kistler Type 9260AA) were obtained in four different situations (eyes open-feet shoulder-width; eyes closed-feet shoulder-width; eyes open-feet together; eyes closed-feet together). While the COP motion data were used to obtain the parameters of the static balance, the video recordings were used to obtain the balance data in the image processing software. Image processing data showed high-weak correlation with force platform COP data ($p<0.05$). It was determined that the estimation models established separately for each of the four conditions were generally significant ($p<0.05$) and had at least one significant predictor. In addition, image processing software differentiated children with CP and healthy children ($p<0.05$). As a result, in the current study, it was thought that the software developed using image processing technique to evaluate the static balance in CP is valid and can be used for clinical and research purposes.

Science Code : 1024

Key Words : Balance, Software in Physiotherapy, Image processing technique,
Cerebral palsy

Page Number : 82

Supervisor : Prof. Dr. Bülent ELBASAN

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca değerli bilgi ve tecrübeleriyle akademik ve klinik alanda gelişmemde emeği olan, tez çalışmamın tüm sürecinde yanımda olup kıymetli fikirleriyle yol gösteren danışmanım ve çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bülent ELBASAN'a, lisansüstü eğitimim boyunca bilgi ve desteklerini esirgemeyen kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Nevin ATALAY GÜZEL'e, tez izleme komitesinde yer alan değerli hocam Prof. Dr. Muhammed KILINÇ'a, tezimde fikir geliştirme aşamasından son yazım aşamasına kadar tüm sorularıma cevap verip destek olan ayrıca istatistik çalışmalarını yapan Dr. Fzt. Halil İbrahim ÇELİK'e, çalışmamda yer alan yazılım programının geliştirilmesiyle birlikte, süreç içinde karşılaştığımız sorunlara içtenlikle çözüm için uğraşan Arş. Gör. Önder POLAT'a, tez değerlendirme sürecinde sağladıkları teknik imkanlar nedeniyle Sayın Elsa Ortopedi'ye, tez çalışmam süresince destek olan Pediatrik Rehabilitasyon Ünitesi çalışma arkadaşlarım Uzm. Fzt. Pelin ATALAN EFKERE, Dr. Öğr. Üyesi Ramazan YILDIZ, Dr. Öğr. Üyesi Ayşe YILDIZ, Dr. Öğr. Üyesi Kamile UZUN AKKAYA, Dr. Öğr. Üyesi Müşerrefe Nur KELEŞ, Dr. Fzt. Mustafa BURAK, Dr. Fzt. Sinem ERTURAN ve Uzm. Fzt. Rabia ERASLAN'a, çalışmama katılan sevgili çocuklara ve kıymetli ailelerine, hayatımın tüm aşamalarıyla birlikte doktora sürecim boyunca da sonsuz sevgi ve destekleriyle yanımda olan, varlıklarıyla bana güç katan annem Günay ŞAD, babam Salih ŞAD, kardeşlerim Ayşegül AVCI, İhsan AVCI, Kemal Burak ŞAD, Zeynep ŞAD ve yeğenlerim Ömer Taha AVCI ve Feza ŞAD'a, doktora sürecine başlamamda ve bitirmemde en büyük destekçim, her konuda yanımda olup desteğini ve sevgisini esirgemeyen, varlığı her şeyin ötesinde kıymetli olan sevgili eşim Yunus BAŞARAN'a, hayatıma anlam katan ve güzelleştiren canım kızım Zeynep Rukiye BAŞARAN ve canım oğlum Ahmet Selim BAŞARAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez 100/2000 YÖK Doktora Burs Programı kapsamında "Rehabilitasyon Tıbbı ve Yardımcı Teknolojiler" öncelikli alt alanında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı YÖK'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xii
RESİMLERİN LİSTESİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Serebral Palsi.....	3
2.2. Serebral Palsi'nin Etiyolojisi ve Risk Faktörleri.....	3
2.3. Serebral Palsi'nin Sınıflandırması.....	4
2.3.1. Spastik SP	5
2.3.2. Diskinetik tip SP	6
2.3.3. Ataksik tip SP	7
2.3.4. Hipotonik tip SP	7
2.4. Serebral Palsi'de Görülen Problemler	7
2.5. Denge	9
2.5.1. Denge bileşenleri ve postüral dengenin sürdürülmesi	10
2.5.2. Serebral Palsi'de denge	11
2.5.3. Dengenin değerlendirilmesi.....	12
2.6. Görüntü İşleme Tekniği	14
2.6.1. Görüntü işleme basamakları	14

	Sayfa
2.6.2. Görüntü işlemede kullanılan kavramlar	16
2.6.3. Sayısal video oluşumu	18
2.7. Hareket tanıma teknolojileri.....	19
2.7.1. 3D hareket yakalama sistemleri.....	19
2.7.2. Bilgisayar temelli video analiz sistemleri.....	19
3. BİREYLER VE YÖNTEM.....	21
3.1. Bireyler.....	21
3.2. Çalışma Planı	22
3.3. Değerlendirme Yöntemleri.....	22
3.3.1. Demografik bilgilerin kaydedilmesi	22
3.3.2. Center of pressure hareketinin değerlendirilmesi	23
3.3.3. Dengenin görüntü işleme yöntemiyle değerlendirilmesi	24
3.4. İstatistiksel Yöntem.....	27
4. BULGULAR	29
4.1. Tanımlayıcı Bulgular	29
4.2. Kuvvet Platformu Parametrelerinin Görüntü İşleme Tekniği Parametreleri ile İlişkisi ve Tahmini	29
4.2.1. Birinci durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini.....	29
4.2.2. İkinci durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini.....	37
4.2.3. Üçüncü durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini.....	44
4.2.4. Dördüncü durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini.....	51
5. TARTIŞMA	57
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	67
KAYNAKLAR	69

Sayfa

EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	82



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. SP risk faktörleri	4
Çizelge 2.2. Dengenin bileşenleri.....	9
Çizelge 3.1. COP hareket parametreleri.....	24
Çizelge 3.2. Görüntü işleme program verileri	27
Çizelge 4.1. Katılımcıların sosyodemografik ve klinik özellikleri	29
Çizelge 4.2. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi.....	30
Çizelge 4.3. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	31
Çizelge 4.4. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi.....	32
Çizelge 4.5. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	34
Çizelge 4.6. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi.....	35
Çizelge 4.7. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	36
Çizelge 4.8. Birinci durumda (GA-AA) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması.....	37
Çizelge 4.9. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi.....	38
Çizelge 4.10. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	39
Çizelge 4.11. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi.....	40
Çizelge 4.12. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	41
Çizelge 4.13. İkinci durum (GK-AA) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi.....	42

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.14. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	43
Çizelge 4.15. İkinci durumda (GK-AA) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması	44
Çizelge 4.16. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi	45
Çizelge 4.17. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	46
Çizelge 4.18. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi	46
Çizelge 4.19. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	48
Çizelge 4.20. Üçüncü durum (GA-AK) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi	48
Çizelge 4.21. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	50
Çizelge 4.22. Üçüncü durumda (GA-AK) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması	50
Çizelge 4.23. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi	51
Çizelge 4.24. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	53
Çizelge 4.25. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi	53
Çizelge 4.26. Dördüncü durum (GK-AK) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi	54
Çizelge 4.27. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini	55
Çizelge 4.28. Dördüncü durumda (GK-AK) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması	56

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sayısal görüntü işleme aşamaları.....	16



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Sayısal görüntünün oluşması	15
Resim 2.2. Örnek bir dijital görüntü ve bir bölümündeki pikseller	17
Resim 2.3. İkili görüntü	17
Resim 2.4. Gri seviye görüntü	18
Resim 3.1. Video kaydından bir görüntü	25
Resim 3.2. Görüntü işleme adımları	26

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

Mm

Milimetre

Sn

Saniye

Kısaltmalar

Açıklamalar

AA

Ayaklar açık

AK

Ayaklar kapalı

AP

Anterior-Posterior

COM

Centre of Mass (Kütle Merkezi)

COP

Centre of Pressure (Basınç Merkezi)

GA

Gözler açık

GK

Gözler kapalı

KMFSS

Kaba Motor Fonksiyon Sınıflandırma Sistemi

ML

Medial-Lateral

R

Radyal (Bileşke)

1. GİRİŞ

Serebral Palsi (SP), doğum öncesi, doğum sırası veya doğum sonrası dönemde ortaya çıkabilen, hareket, postür ve motor koordinasyon sorunlarına yol açan statik bir ensefalopati olarak tanımlanır. SP, bedensel duruşu ve hareketi etkileyen, çocuğun aktivite ve katılım kısıtlamasıyla birlikte, yeti yitimine neden olan faktörlerden biridir. Yaklaşık 1000 canlı doğumdan 2,1'ini etkileyebilir ve etyolojisi heterojendir [1].

SP'de Santral Sinir Sistemi lezyonu, hem motor hem de duyuşsal bozukluklara neden olabilir. Motor bozukluklar, kas koaktivasyonunun eksikliğine ve anormal hareket kompensasyonlarının gelişmesine neden olur, bu nedenle SP'de normal postüral kontrol ve dengeyi sürdürmede zorluklar görülebilir [2]. Duyusal bozukluklar, bakış stabilizasyonu, denge kontrolü ve postürde hayati rol oynayan vestibüler sistem bozukluklarını içerir [3]. Sonuç olarak, SP'de denge iki durumdan da olumsuz olarak etkilenir.

Denge, destek tabanına göre kütle merkezini koruma, elde etme veya eski haline getirme eylemi olarak tanımlanabilir. Ayrıca denge fonksiyonel becerilerde yeteneği artırır [4]. Serebral palsili bireylerde, statik veya dinamik denge reaksiyonları, sağlıklı olanlara göre daha zayıftır [5]. Bu nedenle SP'li bireyler, evde, okulda veya genel olarak toplumda günlük yaşam aktivitelerinde ve sosyal aktivite katılımlarında çeşitli derecelerde zorluklar yaşarlar [6].

SP'li bireyin denge değerlendirmesinin yapılması, bireyin hem takibi ve hem de uygun tedavi yönteminin belirlenmesi açısından önemlidir. Bunun için objektif, kolay uygulanabilen ve yüksek maliyet gerektirmeyen geçerli ve güvenilir teknolojik değerlendirme araçları tercih edilmektedir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak sağlık sektöründe bilgisayarların sıklıkla kullanımı yeni tedavi ve değerlendirme araçlarına ulaşılmasını mümkün kılmıştır. Tıbbi görüntülemelerde hastalıkların teşhisi ve takibinde sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisi de görüntü işleme tekniğidir. Görüntü işleme, görüntünün analiz ve dönüştürülmesi işlemi olup günümüzde bilgisayar yazılımlarıyla kullanılmaktadır. Görüntü işleme tekniği; görüntünün netliğinin artırılması, dijital görüntü oluşturma, eldeki görüntüden farklı işleme yöntemleriyle

sayısal veri elde edilmesi ve bu veriler vasıtasıyla analizlerin yapılması işlemlerini kapsayan teknolojidir [7].

Mevcut çalışmada, SP'li çocukların statik dengesini değerlendirmek amacıyla görüntü işleme tekniği kullanılarak yeni bir yazılım programı geliştirildi ve geliştirilen modelin geçerliliği değerlendirilmek istendi.

Bu çalışmanın hipotezleri şu şekilde belirlendi:

H0: Geliştirdiğimiz görüntü işleme yazılım programı SP'li çocuklarda statik dengeyi değerlendirmek için geçerli değildir.

H1: Geliştirdiğimiz görüntü işleme yazılım programı SP'li çocuklarda statik dengeyi değerlendirmek için geçerlidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Serebral Palsi

Serebral Palsi (SP), immatür fetal veya infant beyinde oluşan, progresif olmayan, hareket ve postür gelişiminin bozulmasına neden olan bir dizi bozukluk olarak tanımlanmaktadır. SP'de motor yetersizlik ile birlikte duyu, biliş, iletişim, algı ve/veya nöbet bozuklukları sıklıkla görülmektedir [8]. Bu nedenle SP'de görülebilen bozukluklar, bir ekstremitede spor aktivitelerini engelleyen hafif motor yetersizliklerden, konuşma dahil istemli hareketlerin olmadığı ciddi motor zorluklara kadar bir dizi motor problemden oluşabilmektedir [9].

SP, dünyada yaygın olarak çocukluk çağında görülen fiziksel ve motor bir problemdir. Hastalığın prevalansı çocuğun tanısı, yaşı (araştırma sırasında), yenidoğan döneminden sonraki dahil edilme ve dışlanma kriterleri ve etnik topluluk gibi çok faktörlü koşullara bağlıdır [10]. Tüm dünyada SP prevalansının yaklaşık olarak 1,5-3 ila 1000 canlı doğum arasında olduğu toplum temelli çalışmalarla gösterilmektedir [10,11]. Bu hastalığın prevalansı Avrupa'da 1000 canlı doğumda 1.51-2.2 iken; ülkemizde bu oranın 1,1-4,4 arasında olduğu saptanmıştır [12,13].

Son zamanlarda, bu prevalans sabit kalmıştır çünkü; prematüre bebeklerde sağ kalımın artması ve daha fazla sayıda çoklu doğum SP prevalansının artmasına neden olabilirken, doğum öncesi kortikosteroidlerin kullanılması, asfiksi problemi yaşayan bebekler için soğutma işleminin uygulanması ve magnezyum sülfat kullanımı gibi faktörler SP prevalansında düşüşe neden olmuştur [14].

2.2. Serebral Palsi'nin Etiyolojisi ve Risk Faktörleri

SP'nin etiyolojisi çeşitli ve çok faktörlüdür. Vakaların %30-40'ının etiyolojisi hala bilinmemekle birlikte, zaman içinde birçok faktör risk faktörü olarak kabul edilmiştir. Genetik, inflamatuvar, enfeksiyöz, anoksik, metabolik, travmatik ve konjenital nedenler hastalığa sebep olabilmektedir. Vakaların %75-80'i asfiksi veya önemli doğum travması nedeniyle olurken; %10'dan azı doğum öncesi yaralanmadan kaynaklanmaktadır [15].

SP risk faktörleri prenatal, perinatal ve postnatal olmak üzere üç gruba ayrılabilir (Çizelge 2.1) [16,17]:

Çizelge 2.1. SP risk faktörleri

Prenatal	Perinatal	Postnatal
-İyot eksikliği, demir eksikliği ve yetersiz beslenme -Konjenital malformasyonlar -Rahim içi enfeksiyonlar, yüksek ateş -Metabolik hastalıklar (diyabet, hipertansiyon, hipertiroid vb) -Genetik hastalıklar -Anne epilepsisi -Rh uyumsuzluğu -Teratojenler (ilaçlar, radyasyon, sigara, alkol ve çevresel toksinler) -İleri gebelik yaşı -Çoğul gebelikler -Düşük sosyoekonomik durum -Plasental komplikasyonlar	-Doğum asfiksisi -Erken doğum (<32 hafta) -Düşük doğum ağırlığı (<2500 gr) -İntrauterin büyüme geriliği -Hiperbilirunemi -Hipoglisemi -İntraventriküler ve intraserebral kanamalar -Epilepsi -Travma -Sepsis, zatürree ve menenjit gibi enfeksiyonlar -Plasentanın erken ayrılması	-Santral sinir sistemi enfeksiyonları (Viral ensefalit, menenjit vb) -Kafa travmaları -Anoksi -İntrakraniyal kanama -Epilepsi -Yüksek ateşli hastalıklar -Hipoglisemi -Toksik zehirlenmeler

Yapılan çalışmalarda prematüre doğum ve düşük doğum ağırlığının SP'nin etyolojisinde önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir [18]. Gebeliğin 28. haftasından önce doğan ve 500-999 gram doğum ağırlığı olan bebeklerin SP prevalansı daha yüksektir [19].

2.3. Serebral Palsi'nin Sınıflandırması

Sorunun orijini ve ciddiyetini tanımlamak, bebeklerde ve çocuklarda farklı zamanlarda meydana gelen değişiklikleri değerlendirmek ve potansiyel durumları tahmin etmek için sınıflandırma gerekmektedir. Sınıflandırma, hastalığın insidansını ve özelliklerini izlemeye yardımcı olur, aileleri eğitir ve rehabilitasyon programı için terapistlere ve doktorlara katkıda bulunur. Genel olarak; SP sınıflandırması, vücutta etkilenen bölgelere, öne çıkan motor semptomlar doğrultusunda klinik tipine ve etkilenim şiddetine göre olabilir [20]. Son zamanlarda Avrupa Serebral Palsi Sürveyans Grubu tarafından benimsenen sınıflandırma sistemi kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma sistemi, kas tonusu ve hareket anormalliğinin baskın tipine göre belirlenmiştir. Sınıflandırma sistemine göre SP'de klinik tipler;

- Spastik (Unilateral spastik SP, bilateral spastik SP)
- Diskinetik (Distonik, koreo-atetoid)

-Ataksik

-Hipotonik şeklindedir [21,22].

Baskın motor bozukluklara yol açan SP'nin etkilenen beyin bölgelerine göre piramidal (spastik) ve ekstrapiramidal (spastik olmayan) olmak üzere iki ana fizyolojik sınıflandırması da vardır. Üst motor nöron hastalığı olarak da tanımlanan piramidal SP, beynin kortikospinal yollarında ortaya çıkan hasar veya kusurların bir sonucudur [23]. Ekstrapiramidal SP, beyindeki piramidal yolların dışındaki sinir hücrelerinin (serebellum veya bazal gangliyonlar) hasarı sonucu ortaya çıkar. Ataksik, diskinetik ve hipotonik olarak üç kategoriye ayrılır [24].

2.3.1. Spastik SP

Spastisite, hıza bağlı olarak, kasın pasif gerilmesine karşı artan direncidir. Spastik SP, SP'nin en yaygın türüdür. Spastik SP, çocuğun yerçekimine karşı hareket etmesi veya duruşunu sürdürmesi durumunda kasların aşırı gerginliği ile ayırt edilir. Hiperrefleks, kalıcı primitif refleksler, ekstansör Babinski tepkileri ve klonus spastik SP'nin görünür özellikleridir. Spastisite ile birlikte ekstremitte tonusunda artış, gövde hipotonisi, kas güçsüzlüğü, stereotipik ve kısıtlı hareketler, yavaş hareket paternleri, yetersiz koruyucu ve denge reaksiyonları görülmektedir [25].

Spastik tip SP, tüm SP vakalarının yaklaşık %70 ila %80'inde ortaya çıkmaktadır [26]. Spastisite çocuğun duygusal, ağrı, uyanıklık durumlarından ve aktivitelerinden etkilenebilir. Kas-iskelet sistemi problemleri (kas ve eklem kontraktürleri ve eklem deformiteleri) en çok spastik tip SP'de görülmektedir [25].

Spastik SP, unilateral ve bilateral olarak ikiye ayrılır [27]. Unilateral SP'de, daha fazla vücudun tek tarafında etkilenim olmasına rağmen etkilenmemiş tarafta da farklı anormallikler görülebilir. Sağlıklı olan taraf tam bir fonksiyonel yeterliliğe sahip değilken; genellikle üst ekstremitedeki motor yetersizlik alt ekstremitelere göre daha fazladır [28].

Bilateral spastik SP'de etkilenim diparetik veya quadriparetik şeklinde olabilir. Diparetik SP; alt ekstremitte tutulumunun bilateral olarak tanımlanmasında kullanılır. Alt ekstremiteler ve gövde, üst ekstremitelerden daha fazla etkilenir. Little hastalığı olarak

bilinen bu durum spastik SP'nin en sık görülen şeklidir. Dipleji çoğunlukla düşük doğum ağırlığı ve prematüre bebeklerde görülür. Prematüre bebeklerde iskemik beyin hasarı olan periventriküler lökomalazi (PVL) diparetik SP ile ilişkilidir [29]. Kuadriparetik SP; baş, gövde, alt ve üst ekstremiteler tutulumunun bilateral olarak tanımlanmasında kullanılır. Genellikle hipoksik intrapartum asfiksi veya üçüncü ya da dördüncü derece intraventriküler kanama ile ilişkilidir [15].

2.3.2. Diskinetik tip SP

Diskinetik SP, spastik SP'den sonra en yaygın SP türüdür. Diskinetik SP prevalansı tüm SP vakalarının %10'udur [30]. Dalgalanan kas tonusu ve kontrolsüz istemsiz hareketlerle ayırt edilir. Diskinezi, bazal ganglion hasarı, aşırı sarılık ve perinatal asfiksi sonucu ortaya çıkabilir [29]. Diskinezi ile birlikte atetoz, ballismus, tremor, distoni, rijidite ve koreoatetoz gibi ekstrapiramidal hareket paternleri görülür. Diskinezisi olan bir çocuk, sabit pozisyonu korumada zorluklar yaşar.

Atetoz, normal olmayan kas aktivitesinden kaynaklanır. Bir pozisyonu korumak ya da devam ettirmek için lazım olan kas kontraksiyonunun, fonksiyonda görevi olmayan diğer kaslara da yayılmasıyla oluşur. Düzensiz, solucanvari, kompleks ve amaçsız hareketlerdir.

Rijidite sıklıkla, hem aktif hem de pasif hareketlere hıza bağlı olmayan bir dirençle spastisiteden farklı bir diskinetik SP türü olarak görülür.

Tremor nadiren görülür, küçük eklemlerin yavaş amplitütlü ritmik hareketleridir.

Distoni, bükülme ve tekrarlayan hareketlere yol açan aralıklı ve devam eden kas kasılmaları ile ayırt edilir. Ağır çekimde burkulma komponenti olan ve tüm vücudu veya bir ekstremitayı etkileyen paterni zamanla değişebilir.

Ballismus genellikle rastgele büyük ve hızlı hareketlerle tek bir ekstremitede görülür. Diğer hareket bozukluklarına göre daha nadir rastlanır [31].

2.3.3. Ataksik tip SP

Ataksik tip SP, tüm SP vakalarının %6-10'unda ortaya çıkabilir ve diğer SP tiplerine göre daha az görülmektedir. Ataksik SP, serebellum hasarı ile diğer tiplerden farklılık gösterir [30]. Ataksinin en belirgin özelliği olan sallantılı hareketlerle denge ve koordinasyon sorunlarına yol açar. Genel olarak; kas güçsüzlüğü, tremor, geniş destek tabanı ile yürüme, koordineli hareketlerin zamanlaması ile ilgili sorunlar ataksik SP'de sıklıkla görülür [32]. Ayrıca, nistagmus, zayıf göz takibi, gecikmiş ve zayıf artikülasyon konuşması gibi diğer problemler de ataksik SP'li çocuklarla ilişkili olarak kabul edilebilir. Genellikle spastisite ve atetozun bir kombinasyonu olarak görülür [33].

2.3.4. Hipotonik tip SP

Hipotonik SP, sıklıkla motor gelişimin gecikmesinin bir sonucu olarak SP sınıflandırmalarında belirtilir. Hipotonik SP'li bebekler ya da çocuklar gevşektir, kas tonusu belirgin şekilde azalmıştır. Hipotonik çocuklarda, baş tutmada zorluk, el ve ayak bileğinde daha belirgin esneklik, emme ve moro reflekslerinde zayıflık görülebilir. Ayrıca yüz ve ağız kaslarının zayıflığından dolayı beslenme problemleri de görülebilir [27].

2.4. Serebral Palsi'de Görülen Problemler

Anormal Kas Tonusu: Serebral palside tonus problemleri hem hipotoni hem de hipertoni olarak görülebilir. Hipotoni kas tonusunda bir azalmayı ifade ederken, hipertoni artmış kas tonusunu ifade eder. Hipertoni şunları içerir;

- * gerilme refleksinin aşırı uyarılabilirliğinden kaynaklanan hareket direncindeki hıza bağlı artış olarak spastisite,
- * hızsız gerilme direnci olarak tanımlanan rijidite,
- * anormal duruş ve tekrarlayan hareketlerle artan kas tonusu olan distoni.

Spastisite en sık görülen motor problemdir ve SP tanısı alan çocukların %85'ini etkiler. Çoğunlukla birden fazla eklemi içeren kasları etkileyebilir [34].

Kas-İskelet Problemleri: SP'li çocuklarda kas-iskelet sistemi deformiteleri doğuştan değildir, çocuk büyüdükçe gelişir [35]. Kas-iskelet sistemi patolojisinin en yaygın özelliği

kas-tendon birimlerinin kontraktürüdür. Kasların enine kesit alanı azalır, fasikül uzunlukları ve pennasyon açıları değişir [36]. Kaslar tipik gelişen çocuklardan daha zayıf ve serttir. Bununla birlikte özellikle yürüyüşü etkileyen kemik torsiyon deformiteleri ve eklem kontraktürleri de zamanla gelişebilir. Kalça yer değiştirmesi ve displazi gelişimiyle ağrı ve kalça çıkıklığı da görülebilir [37].

Selektif Motor Kontrol Kaybı: Selektif motor kontrol; ekstremitelerin ekstansör veya fleksör paterni kullanmadan, eklemde yapılması istenen hareket sırasında diğer bir eklemde hareket gerçekleşmeden, hareketin izole olarak gerçekleştirilebilmesidir [38]. Beyaz cevher hasarı nedeniyle, bu mekanizma SP'li çocuklarda düzgün çalışmaz. Selektif motor kontrol becerisinin azaldığı durumlarda ekstansör veya fleksör sinerjiler izole eklem hareketlerinin açığa çıkmasını engelleyerek alt ekstremitede yürüme ve merdiven çıkma, üst ekstremitede kavrama ve uzanma gibi fonksiyonel aktivitelerin bozulmasına neden olmaktadır [39].

Kas zayıflığı: Motor ünite senkronizasyonunda azalma, motor nöronların kötü koordineli alımı ve kas atrofisi, SP'de kas güçsüzlüğünün nedenleri olarak sıralanabilir. Ayrıca kas boyutunda, kas liflerinin kasılma gücünde ve nöronal akışta azalma, spastik kasların gücünde bir azalmaya neden olabilir [34].

Diğer Problemler: SP'li çocuklarda görülen problemler santral sinir sistemindeki yaralanmanın şiddeti ile ilişkilidir.

SP'de;

- Postüral kontrol ve denge problemleri
- Yürüyüş bozuklukları
- Epilepsi
- Duyusal problemler
- Mental problemler
- Oral motor disfonksiyon
- Görme problemleri
- İşitme ve konuşma problemleri
- Beslenme problemleri

- Duyu-algı bozuklukları
- Ağrı
- Emosyonel ve davranışsal bozukluklar
- Uyku problemleri
- Solunum problemleri
- Mesane-barsak problemleri görülebilir [40].

2.5. Denge

Denge, destek yüzeyi içindeki ağırlık merkezini koruma veya geri kazanma kapasitesi olarak tanımlanabilir. Sağlıklı bireylerde vücuda etki eden tüm kuvvetler dengededir [41,42]. Literatürde ve klinik uygulamada denge, Çizelge 2.2'de tanımlanan bileşenleriyle değerlendirilir.

Çizelge 2.2. Dengenin bileşenleri

Kavramlar	Tanımlar
Stabilite	Hem doğrusal hem de açısal ivmeye karşı bir dirençtir.
Vücut salınımı	Vücudun belirli bir süre boyunca anterior-posterior (AP) ve mediolateral (ML) planlarda ne kadar hareket ettiği. Basınç merkezinin yer değiştirmesi ve hız gibi bir dizi parametre ile tanımlanabilir. Nefes alma, vücut ağırlığının bir ayaktan diğerine kayması, kütle merkezinin yer değiştirmesi veya duruş zayıflığı gibi durumlar nedeniyle her zaman minimum miktarda sallanma olasıdır.
Kütle merkezi (Centre of Mass: COM)	Bir cismin kütle merkezi (COM), cismin kütlelerinin her yöne eşit olarak dağıldığı noktadır. Cisim kütle merkezinde destekleniyorsa net kuvvet yoktur, dolayısıyla cisim statik dengede kalacaktır. Bu nokta vücut bölümlerinin hareketlerine göre hareket ettiği ve antropometrik ölçümlere bağlı olduğu için değişkendir.
Basınç merkezi (Centre of Pressure: COP)	Yer reaksiyon kuvvetinin yolunu gösteren bir ölçüm türü olan basınç merkezi (COP); destek yüzeyine etki eden tüm basınçların ağırlıklı ortalamasıdır. Bir kuvvet plakası veya bir basınç matı kullanılarak herhangi bir pozisyonda elde edilebilir ve tüm vücut segmentlerinin (ekstremiteler, baş, gövde ve pelvis) pozisyon ve hareketlerinden etkilenir. COP'un yörüngesi COM'dan bağımsızdır ve bedenin tüm temas noktalarının platformda olduğu varsayılarak, zemin reaksiyon kuvveti vektörünün konumunu tek bir kuvvet platformundan temsil eder. COP, vücudun COM dengesizliğine nöromüsküler yanıtının göstergesidir. Statik ayakta duruşta COP'un AP yönü ayak bileği dorsi /plantar fleksörleri tarafından; ML yönü kalça addüktörleri/ abdüktörleri tarafından kontrol edilir.
Postüral kontrol	Duruş ya da aktivite esnasında denge halini sürdürme, elde etme veya eski haline getirme eylemi olarak tanımlanır.
Statik denge	Vücudun kendi başına hareket etmediğinde (ayakta durma, oturma gibi) belirli bir pozisyonda sabit olduğu durumdur. Vücut statik dengedeysen; kuvvet, hız ya da bir durum tarafından bozulduğunda, (örneğin alkol, gözler kapalı) denge instabil hale gelir ve bu duruma vücut iki farklı şekilde cevap verir: "Kompansatuar" duruş stratejileri ile vücudu sabit tutmak için koordinasyona girer veya "Prediktif" olarak rahatsızlık beklentisiyle istemli hareket veya kas aktivasyonu içerir. Her iki postural kontrol reaksiyonu da kombine edilebilir.
Dinamik denge	Vücut ivmesi sıfırdan büyük olduğu halde farklı motor aktiviteler sırasında (yürüme, koşma, zıplama gibi) bedenin hâlâ stabil olduğu vücut pozisyonudur. Bu durumda postüral kontrol, vücudun aksiyon halindeki hareketi sırasında dengeyi koruma yeteneği olarak tanımlanır.

İnsan vücudunda dengeyi koruma yeteneği üç ana sisteme bağlıdır:

I) Duyusal ve vestibüler sistem

II) Merkezi sinir sistemi

III) Kas-iskelet sistemi.

Vestibüler sistem, doğrudan vestibüler aparattan getirilen bilgilerle baş pozisyonuyla ilgili uyarıları işler. Duyusal sistem, eklemlerdeki derideki proprioseptörlerle, vücudun vertikalizasyonuna yönelik görsel bilgileri ve bedenin nesnelere ve destek yüzeyine göre uzamsal konumlarıyla ilgili bilgileri sağlar. Kaslar, kemikler ve eklemler, ağırlık merkezi ile destek tabanı arasındaki dengeyi korumak için vücudu belirli bir pozisyonda tutmaktan sorumludur. Santral sinir sistemi ise tüm bu bilgileri işler ve koordine eder [43,44].

Literatür, SP'li çocukların tatmin edici postüral kontrol stratejileri benimsemek için duyuşsal ve motor bileşenleri kullanma becerilerinin zayıf olduğunu bildirmiştir.

2.5.1. Denge bileşenleri ve postüral dengenin sürdürülmesi

Statik görevler sırasındaki postür dengesi, kütle merkezinin destek yüzeyi içinde tutulmasıyla sağlanabilir. COM ve COP hareketlerinin verileri, denge ve denge bozukluklarını değerlendirmek için kullanılır. Ancak COM hareketinin değerlendirilmesi; kinematik ölçümler yapabilen çok sayıda sensör kullanılan entegre hareket analiz sistemleri gerektirdiğinden direkt değerlendirilmesi oldukça karmaşıktır. Bununla birlikte COP hareket verilerinin yakalanması daha kolay ve COM hareket verileriyle yüksek oranda ilişkili olduğundan daha yaygın olarak kullanılır [45,46].

Postüral dengenin korunmasında, sensorimotor bilgiler, vücudun COM'unu kontrol etmeye yönelik nöromüsküler stratejileri bilgilendirmek için geçmiş deneyimlerle bütünleşir. Kişiler COP'un veya COM'un tam konumunun farkında olmasalarda, sınırlarının farkındadırlar. Bu farkındalık, postural reaksiyonlar sınırları aştığında gerçekleşir ve sonrasında stabiliteyi yeniden sağlamak için istemli hareket başlar. SSS, COM'da bir kayma tespit eder ve yeniden dengeyi sağlamak için COP'u COM'a yaklaştıracak postural kontraksiyonları meydana getirir. Herhangi bir nedenle bu reaksiyon yeterli olmazsa birey düşer [44].

2.5.2. Serebral Palsi'de denge

SP'li çocuklarda postüral kontrol ve dengenin sağlanması, duyu sistemi, merkezi sinir sistemi ve kas-iskelet sistemi arasındaki bozulmuş etkileşimler nedeniyle zor bir görevdir. Bu nedenle, SP'li çocukların postüral bozukluklar göstermesi sıklıkla karşılaşılan bir durumdur.

SP'li çocuklarda denge bozukluklarının birincil nedeni resiprokal innervasyon ve ko-kontraksiyon mekanizmasındaki bozulma olarak kabul edilir. Motor hareketlerin koordinasyonu antagonist kasların resiprokal innervasyonu ile sağlanır. Ayrıca distal eklemlerin hareketi sırasında proksimal eklemlerin stabilizasyonu için bu kasların birlikte kasılması gereklidir. SP'li çocuklarda bu mekanizmalar düzgün çalışmaz [47]. Diğer yandan serebral palsili çocukların beyin hasarı kalıcı hareket ve duruş bozukluğuna neden olur. Bu bozukluklar çoğunlukla farklı kompensatuar stratejilerin geliştirilmesine yol açar [48]. Postürde asimetriye yol açan bu durumun ihmal edilmesinin, SP'li çocukların postüral kontrol gelişimi, denge, ayakta durma ve yürüme becerilerinin motor kontrolü için önemli sonuçları olabileceği bildirilmiştir [49].

SP'li çocukların postüral kontrolünü araştıran bir çalışmada, çocukların ayakta duruş pozisyonunda, postüral salınım ve COM yer değiştirme hızında anormal artış olduğu gösterilmiştir. SP'li çocukların tipik gelişim gösteren çocuklara göre daha az kompleks hareket stratejileri geliştirdikleri ayrıca pertürbasyonlardan kurtulmak için daha fazla zamana ihtiyaç duydukları ileri sürülmüştür [49].

Öte yandan, son zamanlarda yapılan nörogörüntüleme çalışmaları, duyu kortekse bağlanan beyaz cevher liflerinde önemli değişiklikler olduğunu ortaya çıkararak, SP'de motor bağlantıların yanı sıra duyu bağlantılarının da bozulduğunu göstermiştir ve bu önemli değişiklikler SP'li çocukların %45'inde görülmektedir [50,51]. Başarılı motor görev performansı elde etmek için olası motor hatalarının düzeltilmesine yardımcı olan yeterli duyu impuls gereklidir. Duyusal uyaranların doğru entegrasyonu ile çocuklar günlük yaşam aktivitelerinde adaptif davranışlar üretebilirler. Bu nedenle, duyu bozukluklarının fonksiyonel performans üzerinde olumsuz etkisi vardır [51].

SP'li çocuklarda şaşılık, ışık kırılma anomalileri (hipermetrop, miyop ve astigmat gibi), görme keskinliğinde azalma, retinopatiler, nistagmus ve serebral görme bozuklukları görülebilir [52]. Görme bozukluklarının şiddeti, motor bozuklukların seviyesi ile artabilir. SP'li çocuklarda proprioepsiyon problemleri çoğunlukla pasif hareketlerin saptanmasında ve vücut parçalarının pozisyonunun algılanmasında ortaya çıkar. SP'de bozulmuş iki noktalı ayrımcılık veya bozulmuş stereognozis de görülebilir [34]. Ayrıca, beyaz cevher lezyonları, kortikal yapılardaki patolojik değişiklikler ve vestibülospinal akson defisitleri nedeniyle SP'li çocuklarda vestibüler disfonksiyonların görülebileceği öne sürülmektedir [53]. Bahsi geçen tüm bu durumlar da SP'li çocuklarda denge ve postüral kontrol gelişimini olumsuz yönde etkiler.

2.5.3. Dengenin değerlendirilmesi

Denge değerlendirmesinde kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Kolaylıkla uygulanabilen çeşitli ölçeklerden, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen karmaşık ve pahalı bilgisayarlı sistemlere kadar farklı yöntemler mevcuttur.

Klinikte kullanılan denge değerlendirme yöntemleri

Klinik uygulamalarda kullanılan denge testleri denge durumunu ve tedaviyle elde edilen değişiklikleri belirlemek amacıyla kullanılır. Genellikle bir takım motor görevlerde kişilerin performansı belirli puanlar ile değerlendirilir ya da komuta göre elde edilen süre kaydedilir. Pediatrik denge ölçeği, fonksiyonel uzanma testi, tandem duruş testi, tek ayak üzerinde duruş testi, otur kalk testi, süreli kalk yürü testi bu amaçla kullanılan testlerden bazılarıdır [54].

Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen denge değerlendirme yöntemleri

Postürografi

Postürografi cihazı çeşitli koşullar altında dengenin aktif ve pasif değerlendirilmesi için kullanılır. Statik ve dinamik postürografi olmak üzere iki ana kategoriye ayrılır. Statik postürografi, zaman veya frekans alanlarında bireyin postüral salınımı karakterize etmek için çeşitli tanımlayıcı ölçümlere ulaşılan bir testtir. Dinamik postürografi, kişinin dış koşullara uygun motor yanıtların koordinasyonunda vestibüler, görsel ve propriyoseptif

girdileri kullanma becerisini belirleyen bir test yöntemidir. Test edilen kişinin vestibüler, görsel ve somatosensör sistemlerden gelen bilgileri kullanmasını veya bu sistemlerden gelen bilgileri koordine edebilme becerisini değerlendirir. Bilgisayarlı postürografi sistemleri; duyu, vestibülo-oküler refleks, otomatik motor, istemli motor, fonksiyonel limitasyonlar değerlendirmelerini ve bunlara yönelik rehabilitasyon protokollerini içermektedir [55].

Biodex denge sistemi

Biodex Denge Sistemi, dinamik stres altında kişinin dengesini objektif olarak ölçen ve ölçüm sonuçlarını kaydeden çok eksenli bir cihazdır. Sistem; anterior-posterior ve mediolateral eksenleri aynı anda serbestçe hareket ettirebilen, yüzeyi 20°'ye kadar eğilebilen, 12 farklı seviyede hareketli hale gelebilen dairesel bir platform ve bu platformdan alınan verilerin işlendiği bilgisayar yazılımından oluşur. Biodex denge sisteminde, iç-dış denge indeksi (medial-lateral stability index), ön-arka denge indeksi (anterior-posterior stability index) ve toplam denge indeksi (overall stability index) olmak üzere toplam 3 ölçüm sonucu elde edilir. Bu indeksler, platform hareket ederken sıfır noktası etrafındaki dalgalanmaları gösterir. Ölçüm sonucunda denge skoru ne kadar yüksek çıkarsa bu durum dengenin o kadar zayıf olduğunu gösterir [56].

Kuvvet platformları

Kuvvet platformları, her köşesinde bir kuvvet sensörü olmak üzere toplam 4 sensör üzerine oturan rijit bir ölçüm platformudur.

Kuvvet platformunda bulunan sensörlerle, X (Medial-Lateral), Y (Anterior-Posterior) ve R (Radial Bileşke) koordinatlarında platforma etki eden kuvvetin lokasyonu (COP) ve büyüklüğü belirlenir. Kuvvet plakası, salınım yolu ve salınım hızı gibi bir dizi değişken içinde COM'un yörüngesini yansıtan COP'un hesaplanmasına izin veren zemin reaksiyon kuvvetini kaydeder [57].

Kuvvet platformları, denge değerlendirmelerinin yanında sporda performans teşhisi, yürüme, koşma veya atlama gibi biyomekanik süreçleri karakterize etmek için de kullanılabilir.

2.6. Görüntü İşleme Tekniği

Hareket yakalama ya da hareket izleme terimleri, hareketi kaydetme ve bu hareketi bilgisayar tabanlı bir dijital modele çevirme sürecini tanımlamak için kullanılır. Sağlık bilimlerinde hareket yakalama teknolojileri, hareketin nicel analizlerini gerçekleştirmeyi ve böylece nesnel kriterler temelinde normal ve patolojik hareketleri ayırt etmeyi mümkün kılar. Bu yöntemler, bir öznenin kamera karşısındaki 3D konumunu algılayan optik sistemleri, vücut hareketlerini doğrudan izleyen mekanik hareket yakalama sistemlerini ve alıcıları- vericileri kullanarak vücut parçalarının konumunu ve yönünü hesaplayan manyetik sistemleri kapsar. Tüm bu teknolojilerin temelinde sıklıkla kullanılan yöntem ise görüntü işleme tekniğidir.

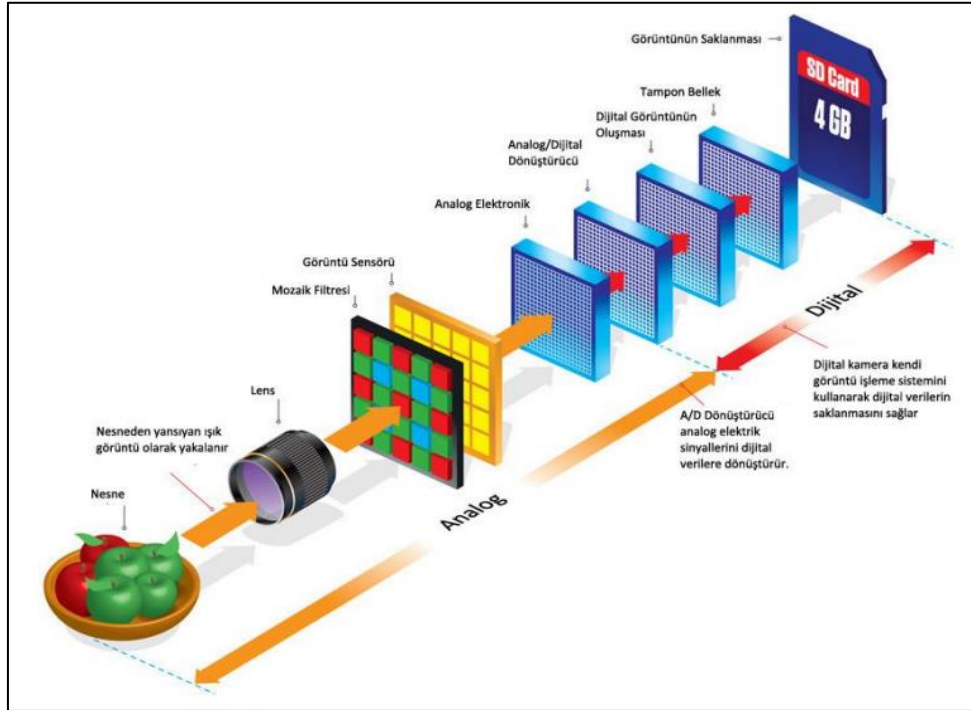
Görüntü işleme (image processing), dijital görüntü öğelerini, bilgisayar yazılımı desteğiyle istenilen duruma uygun şekilde değiştirmeye yönelik yapılan matematik ve bilgisayar çalışmalarıdır [58]. Görüntü işleme tekniği; görüntünün netliğinin artırılması, var olan görüntüden amaca yönelik başka bir görüntünün elde edilmesi, dijital görüntü oluşturma ve bu görüntüler vasıtasıyla analizlerin yapılması işlemlerini kapsayan teknolojidir [7]. Bu işlemler, ilk olarak görüntülerin elde edilip dijital ortamlara aktarılmasıyla başlar. Daha sonra görüntülerdeki bozuklukların giderilerek net ve kaliteli görüntülerin elde edilmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Ayrıca nesnelerin belirlenmesi, hareket eden ve etmeyen objelerin ayrıştırılması amaçlarıyla kullanımı da oldukça yaygındır.

Bilgisayar ve matematik bilimlerinin bir arada uygulandığı bu yöntem; savunma sanayi, astronomi, sağlık, güvenlik, tarım, elektronik ve tasarım gibi birçok alanda kullanılır [59]. Görüntü işlemeye ilgili farklı alanlarda var olan araştırmalara bakıldığında, bu tekniğin birden fazla aşamalarının olduğunu görmek mümkündür.

2.6.1. Görüntü işleme basamakları

Görüntü işleme tekniğinin ilk basamağı sayısal (dijital) görüntünün elde edilmesidir. Bir resmin bilgisayarda değerlendirilip işlenebilmesi için veri formatlarının sayısal hale getirilmesi gerekir. Bunun için doğal ya da yapay ışık kaynağı tarafından aydınlatılan herhangi bir objenin yansıttığı ışınlar kamera lensi tarafından yakalanır. Kameranin içinde bulunan filtre ve sensörler, optik formda tanımlanan ışınları analog elektrik sinyaline

çevirir ve böylece analog görüntü elde edilmiş olur. Bir analog / sayısal dönüştürücü yardımıyla analog görüntü sinyalleri dijital formata yani ikili sayı formatına dönüştürülür. Kameranin tampon belleğinde yapılan bu işlem hafıza kartına data olarak saklanır. Sonucunda objenin görüntüsü dijital olarak elde edilmiş olur (Resim 2.1) [60].



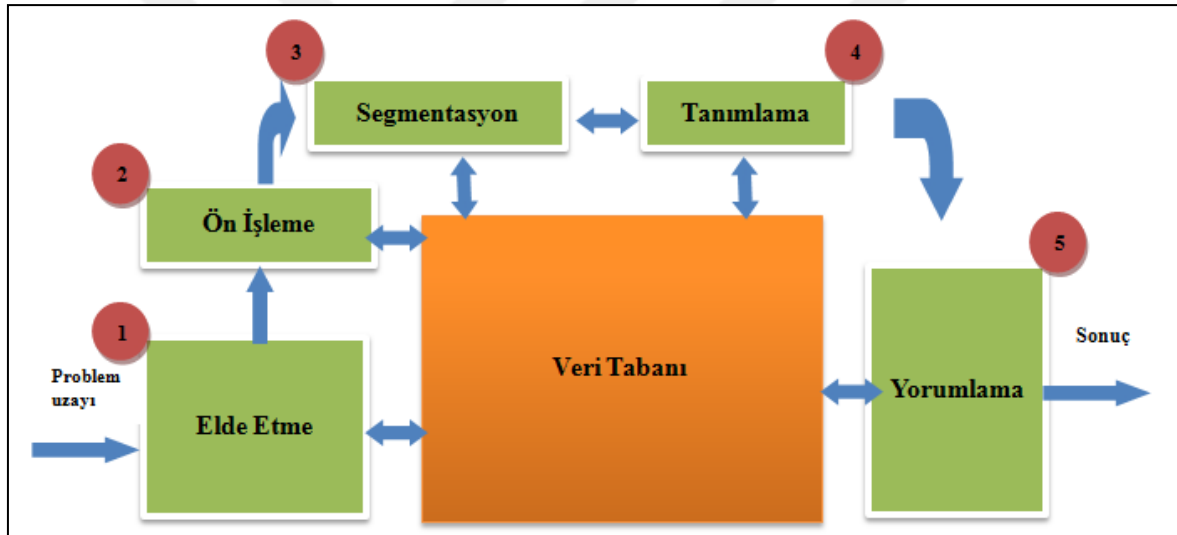
Resim 2.1. Sayısal görüntünün oluşması

Sayısal görüntünün elde edilmesinden sonraki basamak ise görüntünün ön işleme adımındır. Ön işleme var olan sayısal resmi analiz etmeden önce daha kaliteli görüntü elde edebilmek için resmin bazı işlemlerden geçirilmesidir. Resmin kontrast ve parlaklığının ayarlanması, görüntüdeki gürültülerin azaltılması veya yok edilmesi uygulanan ön işleme tekniklerine örnek olarak verilebilir. İyi yapılan ön işleme daha sonraki uygulama adımlarını kolaylaştırmaktadır.

Dijital resim üzerinde ön işleme işlemleri uygulandıktan sonra segmentasyon (bölütleme) basamağına geçilir. Segmentasyon; resim içindeki benzer karakteristik özelliğe sahip bölgelerin arka plandan ayrıştırılarak daha belirgin hale getirilmesi işlemidir. Bu adımda görüntüdeki objenin kenarları, şekli ya da alanı gibi ham bilgiler elde edilir. Literatürde birden fazla segmentasyon tekniği bulunur. Çalışmada istenilen sonuca göre uygun teknik seçilir. Örneğin bir nesnenin şekli ile ilgileniliyorsa nesnenin kenarları ve köşeleri

hakkında ham veri sağlayacak segmentasyon tekniği tercih edilir. Bunun gibi histogram tabanlı segmentasyon, bölgesel segmentasyon, renk tabanlı segmentasyon, kenar tabanlı segmentasyon yöntemlerinden biri ya da birkaçı amaca yönelik olarak kullanılabilir. Segmentasyon, görüntü işlemenin en zor aşamasıdır ve çalışmaları belli hata oranlarına sahiptir. Bu aşamanın performansı görüntü işleme çalışmasının başarısını önemli ölçüde etkilemektedir.

Segmentasyondan sonraki adım görüntünün gösterilmesi ve tanımlanmasıdır. Görüntüden istenilen bilgilerin ve ayrıntıların öne çıkarılması yani ham verilerin tamamlanması bu basamakta sağlanır. Son olarak elde edilen ham veriler önceden belirlenen kriterlere göre etiketlenir ve yorumlanır (Şekil 2.1) [58].



Şekil 2.1. Sayısal görüntü işleme aşamaları

Bir dijital görüntünün ilk olarak elde edilmesi haricinde geriye kalan görüntü işleme işlemlerinin pek çoğu, tekniğe özgü algoritmalara uygun yazılan bilgisayar yazılımlarıyla yapılır.

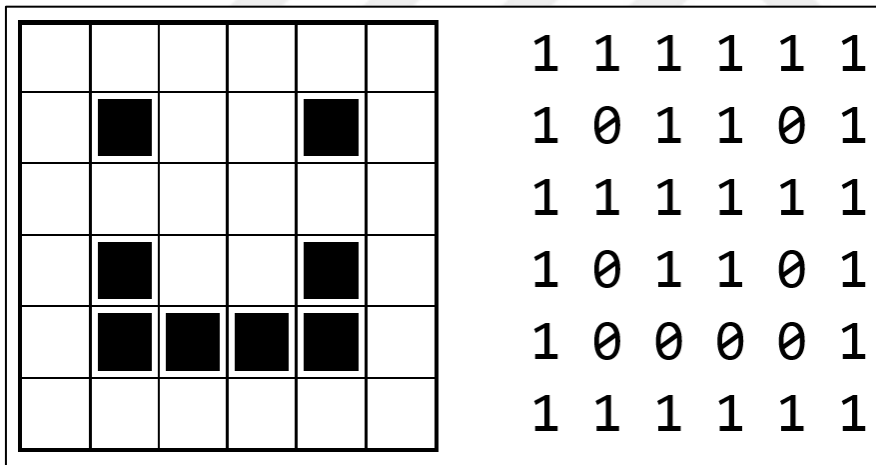
2.6.2. Görüntü işlemede kullanılan kavramlar

Piksel: Bir görüntü matrisinde yer alan her bir görüntü elemanına piksel denir. Resim 2.2' de esas yapısı gösterilen dijital görüntünün satır ve sütunlarından oluşan matrisin her bir elemanı görüntüde bir noktayı yani pikseli tanımlar.



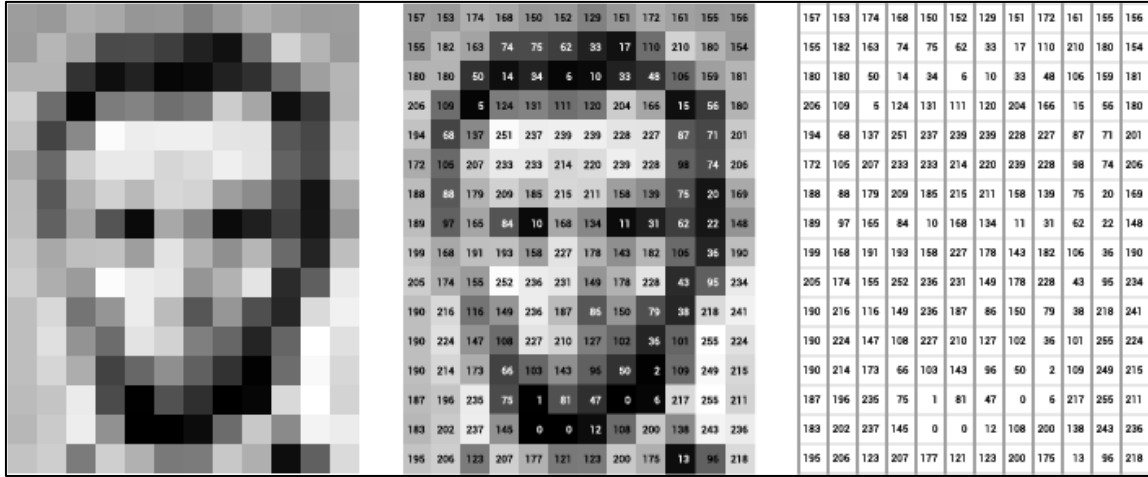
Resim 2.2. Örnek bir dijital görüntü ve bir bölümündeki pikseller

İkili görüntü (Binary image): Bir resimde var olan her bir pikselin sadece siyah ya da beyaz rengi içerdiği görüntülerdir. Sadece iki değerden oluşan bu görüntülerde siyah (karanlık) pikseller 0 değeri ile, beyaz (parlak) pikseller ise 1 değeri ile kodlanır. Bu şekilde 0 ve 1 ile kodlanan görüntülere ikili görüntü denir (Resim 2.3). İkili görüntülerde renk detayları renkli görüntülere göre daha azdır [58].



Resim 2.3. İkili görüntü

Gri seviye görüntü (Gray level image): İkili görüntüden farklı olarak görüntülerde 0 ve 1 arasındaki grinin tonları da kullanılır. Bu tonlar da bir kodla gösterilir ve her bir gri ton değerinin 256 farklı kodu bulunmaktadır [61]. Gri değer aralıkları 0 (siyah)'dan başlayarak 255 (beyaz)'e kadar değer alır (Resim 2.4). Burada 256 gri değer 1 byte olarak ifade edilebilir (1 byte = 8 bit).



Resim 2.4. Gri seviye görüntü

Renkli görüntü (RGB): Renkli görüntüdeki pikseller; kırmızı (Red-R), yeşil (Green-G) ve mavi (Blue-B) renklerinden oluşan 3 temel rengin karışımından meydana gelen bir değere sahiptir. Renkli görüntülerde orijinal görüntüdeki gri değerler ayrı ayrı kırmızı, yeşil ve mavinin tonları ile filtrelenir ve daha sonra bu katmanlar üst üste çakıştırılır. Böylece oluşan renk karışımından görüntüdeki doğal renkler elde edilir. Renkli görüntüde her bir renk katmanı 8 bit ile gösterildiğinden; 3 renk katmanı birleştiğinde 24 bitlik veri bilgisayar ekranında görüntülenir.

Çözünürlük: Bir görüntüdeki yatay ve dikey piksellerin çarpımına çözünürlük denir. Resim içindeki ayrıntıların fark edilme derecesi o resmin çözünürlüğü ile ilgilidir. Bir görüntünün çözünürlüğü düştükçe yani piksel sayısı azaldıkça görüntüdeki pikselasyon artarak dama tahtası etkisi oluşur [58].

2.6.3. Sayısal video oluşumu

Sayısal video; hareketsiz sayısal görüntülerin ard arda saniyede 25 kez ya da üzerinde oynatılmasıyla elde edilen hareketli görüntülerdir. Buradaki her bir sayısal görüntüye frame (çerçeve) denir ve fps (frame per second) değeri saniyedeki frame sayısını gösterir. Hareketsiz dijital resimlerin saniyede 25 kez ya da üzerinde oynatılmasının nedeni, insan gözünün 25 Hz üzerindeki frekanslara hassasiyet gösteremeyip resimleri hareketli görüntü olarak algılamasıdır [61].

2.7. Hareket tanıma teknolojileri

Hareket tanıma teknolojileri genel olarak hareketin varlığının tespiti, hareketli nesnenin yerinin belirlenmesi, takibi ve hareketin tanımlanmasından oluşan sistemlerdir. Klinik uygulamalarda hareket tanıma teknolojileri hareket kalitesinin otomatik olarak algılanmasını, sınıflandırılmasını ve değerlendirilmesini amaçlar [62]. Bu teknolojiler hareketin nicel analizlerinin yapılmasını ve böylelikle objektif kriterlere dayanarak normal ya da patolojik hareketlerin ayırt edilmesini mümkün kılar [63].

Hareket tanıma teknolojilerinde hareketin yakalanması direkt ya da indirekt algılama ile yapılabilir. Direkt algılamada, hasta tarafından giyilen sensörler aracılığıyla hareket verileri kaydedilirken; indirekt algılamada video kameralar ya da 3D hareket yakalama araçları gibi değerlendirme ortamına entegre edilen sistemlerle hareket incelenir [62].

2.7.1. 3D hareket yakalama sistemleri

3D hareket yakalama sistemleri, video kameralarla birlikte vücut bölgelerine yerleştirilen kızılötesi ve ultrasonik yansıtıcı sensörlerle kamera sisteminden elde edilen görüntülere derinlik bilgisinin de eklendiği sistemlerdir. Bu sensörlerin sisteme eklenmesi ile birlikte hareketlerin ölçülme hassasiyeti artmakta, yüksek doğrulukta güvenilir veriler elde edilmektedir. Diğer yandan sistemin kurulum zorluğu, yüksek maliyet ve sensör kullanımının gerektirmesi dezavantajları olarak sayılabilir. Genellikle araştırma laboratuvarlarında kullanıldığından klinikte kullanımı zor ve sınırlıdır [64].

2.7.2. Bilgisayar temelli video analiz sistemleri

Bilgisayar temelli video analiz sistemlerinde, ölçme ortamına yerleştirilen 2D standart video kameralarla vücut hareketleri takip edilir. Bu sistemlerde genellikle sensör kullanılmaz. 3D hareket yakalama sistemlerine göre daha düşük maliyetli, kurulumu ve taşınması kolay, klinik ya da ev ortamında kullanımı rahattır. Video kayıtlarının 2D olması sebebiyle daha düşük çözünürlük olduğundan; küçük ve hassas hareketlerle ilgili detaylı verilerin elde edilememesi dezavantajı olarak belirtilmektedir [62].

Bilgisayar temelli video analiz sistemlerinde hareketin analizi hareketin tespiti ile başlar. Hareketin tespiti, hareket eden kısmın görüntüdeki diğer bölgelerden ayrılması yani segmentasyon ile sağlanır [65].

Segmentasyon algoritmalarından biri olan arka plan farkı segmentasyon uygulaması kullanımı kolay olduğundan en çok tercih edilen yaklaşımlardan biridir. Bu uygulamada; incelenen görüntüdeki hareketli alanlarla, referans görüntü arasında aynı koordinatlardaki piksel farkları önceden belirlenmiş eşik değerle kıyaslanır.

İki görüntü (frame) arasındaki hareket değişimi basit fark alma yöntemi ile tespit edilir. Bu yöntemde göre t_1 ve t_2 zamanlarında alınan f_1 (frame 1) ve f_2 (frame 2) görüntü piksellerinin matematiksel farklarının alınmasıyla değişim belirlenir. Buradaki görüntülerden biri, sabit bileşenlerden oluşan referans yani arka plan görüntüsü; diğeri ise aynı sabit bileşenlerle birlikte hareketli nesnenin de olduğu görüntüdür. İki görüntünün farkının alınmasıyla değişim gözlenir. Fark görüntüsünden sabit pikseller elenerek hareketli pikseller ortaya çıkarılır. t_0 ve t_k zamanlarında alınan iki frame arasındaki değişiklikleri gösteren fark resminin oluşturulması şu şekilde gösterilebilir:

$$D(x, y) = \begin{cases} 1, & |f(x, y, t_k) - f(x, y, t_0)| > Th \\ 0, & \text{Diğer Durumlarda} \end{cases}$$

Burada Th olarak gösterilen değer, iki piksel arasındaki farkın harekete ait olup olmadığını belirleyen deneysel olarak önceden belirlenmiş eşik değerdir. Fark resmindeki 1 değeri incelenen framede o koordinattaki eşik değere (Th) göre belirgin farkı yani hareketi sembolize eder. Bir anlamda değişimi ikili resimle ifade eder.

Dinamik görüntü analizinde $D(x, y)$ 'deki tüm 1 değerleri nesnenin hareketi olarak kabul edilirken 0 değerleri hareketsiz yani sabit alanları gösterir [65].

SP'li çocukların statik dengesini ölçebilmeyi hedeflediğimiz çalışmamızda, bahsi geçen görüntü işleme tekniği basamakları uygulanarak yeni bir yazılım geliştirildi. Geliştirilen yazılımın statik denge verilerini ölçmede geçerliliği incelendi.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

“Serebral palsili çocukların denge değerlendirmesinde yeni bir yöntem: Görüntü işleme tekniği” isimli çalışmanın yapılabilmesi için Gazi Üniversitesi Etik Komisyonu’ndan izin alındı (Sayı: E-77082166-302.08.01-344231) (EK-1). Çalışma, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü’nde Mayıs 2022-Şubat 2023 tarihleri arasında gerçekleştirildi.

3.1. Bireyler

Çalışmaya Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Pediatrik Rehabilitasyon Ünitesi’ne başvuran 5-15 yaş arası serebral palsi tanısı almış bireyler dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen çocukların ebeveynlerine, çalışmanın amacı ve uygulamasıyla ilgili bilgi verildikten sonra, çalışmaya katılmayı kabul edenlerin “Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu” ile onamları alındı. Çalışma kapsamında 70 SP’li, 20 sağlıklı olmak üzere toplam 90 çocuk değerlendirildi. SP’li bireylerin 7’si çeşitli nedenlerden dolayı (dahil edilme kriterlerine uymama, eksik değerlendirme verileri gibi) çalışma dışı bırakıldı ve toplam 83 çocukla çalışma tamamlandı.

SP grubu için çalışmaya dahil edilme kriterleri

- Çalışma grubu için SP tanısı almış olmak
- 5-15 yaş arasında olmak
- Kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemine göre I veya II düzeyinde (ambulator) olmak

SP grubu için çalışmadan dışlama kriterleri

- Son 6 ay içerisinde alt ekstremitayı ilgilendiren botoks ya da cerrahi geçirmiş olmak
- Yönergelere uymasına engel olacak derecede mental retardasyona sahip olmak
- Eşlik eden nörometabolik ya da ortopedik başka rahatsızlığı bulunmak
- Eşlik eden görme bozukluğu bulunmak

Sağlıklı grup için çalışmaya dahil edilme kriterleri

- 5-15 yaş arasında olmak

Sağlıklı grup için çalışmadan dışlama kriterleri

- Dengesini etkileyecek herhangi bir hastalık durumunun bulunması
- Görme bozukluğu bulunması

3.2. Çalışma Planı

Çalışmaya katılma kriterlerine uygun toplam 83 çocuk alındı. Çalışmaya dahil edilen çocukların demografik özellikleri kaydedildi. Çocukların motor seviyesinin belirlenmesi için kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemi (KMFSS) değerlendirildi. Denge değerlendirmesi için kuvvet platformu üzerinde ayakta durma pozisyonundaki çocukların, eş zamanlı olarak 4 kez 30'ar saniye (toplamda 2 dakika) Center of Pressure (COP) hareket ve video kayıtları elde edildi. COP hareket verileri dengeyle ilgili hareket parametrelerinin elde edilmesi için, video kayıtları dengenin görüntü işleme analizi ile değerlendirilebilmesi için kullanıldı. Çocuklar kuvvet platformu üzerinde aşağıdaki şekilde değerlendirildi.

1. Durum: Gözler açık ayakta durma pozisyonunda ayaklar omuz hizasında açık (30 sn),
2. Durum: Gözler kapalı ayakta durma pozisyonunda ayaklar omuz hizasında açık (30 sn),
3. Durum: GA ayakta durma pozisyonunda ayaklar platform ortasında kollar gövde yanında bitişikken (30 sn),
4. Durum: Gözler kapalı ayakta durma pozisyonunda ayaklar platform ortasında kollar gövde yanında bitişikken (30 sn).

Çocukların klinikte değerlendirilmesi yaklaşık 15 dakika sürdü.

3.3. Değerlendirme Yöntemleri

3.3.1. Demografik bilgilerin kaydedilmesi

Çalışmaya dahil edilen çocukların klinik ve demografik bilgilerini içeren bir form aileden alınan bilgilerle dolduruldu. Form ile cinsiyet, yaş, boy, vücut ağırlığı, etkilenim durumu

ve kaba motor fonksiyon sınıflandırma sistemine göre etkilenim seviyesi bilgileri kaydedildi.

3.3.2. Center of pressure hareketinin değerlendirilmesi

Statik dengenin değerlendirilmesi için kütle merkezinin (COM) hareketinin değerlendirilmesi gerekir. COM hareketinin değerlendirilmesi kinematik ölçümler yapabilen multisensörlü hareket analiz sistemleri gerektirdiğinden, bu hareket verilerinin sağlanması oldukça karmaşıktır. Bu nedenle daha kolay kullanım için, COM'un destek yüzeyindeki iz düşümü olan COP hareket verileri; COM'un indirekt değerlendirmesi için kullanılır [45,46].

COP, destek yüzeyine etki eden tüm basınçların ağırlıklı ortalaması olup; oturma, ayakta durma, sırtüstü gibi farklı pozisyonlarda değerlendirilebilir. Baş, gövde, pelvis ve ekstremitelerin pozisyonu ve hareketleri COP verilerini etkiler [66]. COP hareket analizi genellikle postüral stabilitenin değerlendirmesinde kullanılır.

COP hareket analizinde birden çok ölçüm cihazı kullanılmasına karşılık, kuvvet platformları (force plate) altın standart olarak kabul edilmiştir [67]. Kuvvet platformları, her köşesinde bir sensör bulunan rijit bir platformdur. Platformdaki sensörler sayesinde platforma etki eden kuvvetin lokasyonu (COP) ve büyüklüğü belirlenir. COP lokalizasyonu ve hareketine ait veriler, X (Medial-Lateral), Y (Anterior-Posterior) ve R (Radial Bileşke) koordinatlarında tanımlanır [68].

Bu çalışma kapsamında, COP hareket analizi için Kistler marka kuvvet platformu (Type 9260AA (40x60 cm), Kistler instruments AG, Winterhur, Switzerland) kullanıldı. Ayakta duruş pozisyonundaki çocukların toplam 2 dakikalık COP hareketine ait ham verileri, MARS® yazılımı kullanılarak bilgisayara kaydedildi.

COP ham verileri, MATLAB (Versiyon 2018b / Natick, Massachusetts, USA) yazılım programında işlendi. Kuvvet platformundan elde edilen analog sinyaller 100 Hz'lik örnekleme frekansı kullanılarak dijitalize edildi. Kuvvet platformu tarafından kaydedilebilecek herhangi bir gürültüyü ortadan kaldırmak için gerekli olan filtreleme işlemi için 'Dördüncü Dereceden 10 Hz Alçak Geçiren Butterworth' filtre uygulandı [69].

Ham verilerden elde edilen COP hareket parametrelerinin açıklamaları ve matematiksel formülleri Çizelge 3.1’de verildi [70].

Çizelge 3.1. COP hareket parametreleri

Parametreler	Açıklama	Formül	Birim
Anlık hız std (V std)	Hız değişkenliği	$\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N (V_{(k+1)} - V_{mean})^2}$	
Ortalama hız (V mean)	Bir saniyede alınan mesafe	Toplam yol/toplam zaman	mm/sn
Toplam yol x (C total x)	X ekseninde alınan toplam mesafe	$\sum_{k=1}^{N-1} (X_{(k+1)} - X_k)$	mm
Toplam yol y (C total y)	Y ekseninde alınan toplam mesafe	$\sum_{k=1}^{N-1} (Y_{(k+1)} - Y_k)$	mm
Toplam yol r (C total r)	Radial ekseninde alınan toplam mesafe	$\sum_{k=1}^{N-1} \sqrt{(X_{(k+1)} - X_k)^2 + (Y_{(k+1)} - Y_k)^2}$	mm
Hız (V)	Birim zamanda alınan yol	$V = \frac{\Delta X}{T}$	mm/sn

V:Hız, X:Medio-lateral eksenindeki konum, Y:Antero-posterior eksenindeki konum, Std:Standart deviasyon

3.3.3. Dengenin görüntü işleme yöntemiyle değerlendirilmesi

Video karesindeki hareketli nesnelerin tespit edilip, takibinin yapılması görüntü işleme tekniği ile sağlanmaktadır. Görüntü işleme tekniği, görüntünün elde edilip bilgisayar ortamına aktarılmasıyla başlar daha sonra görüntüler üzerinde amaca uygun işleme yöntemlerinin uygulanmasını içerir.

Çalışma kapsamında video kayıtlarının standardize olarak elde edilmesi için;

- Tüm video çekimleri, zemini ve arka fonu beyaz olan bir alanda yapıldı
- Çekim yapılan odada uygun ışıklandırma ve sıcaklığa dikkat edildi
- Kayıtlarda aynı kamera (Huawei P40 lite JNY-LX1 marka cep telefonu kamerası) ve tripot kullanıldı
- Kayıt sırasında çocuğun hareketinin algılanacağı kıyafetler giymesine (dar, resimsiz vs.) dikkat edildi

- Kamera çocuğun tüm vücut görüntüsünü net alacak şekilde konumlandırıldı
- Tüm video kayıtlarının 30 sn olmasına dikkat edildi (Resim 3.1).

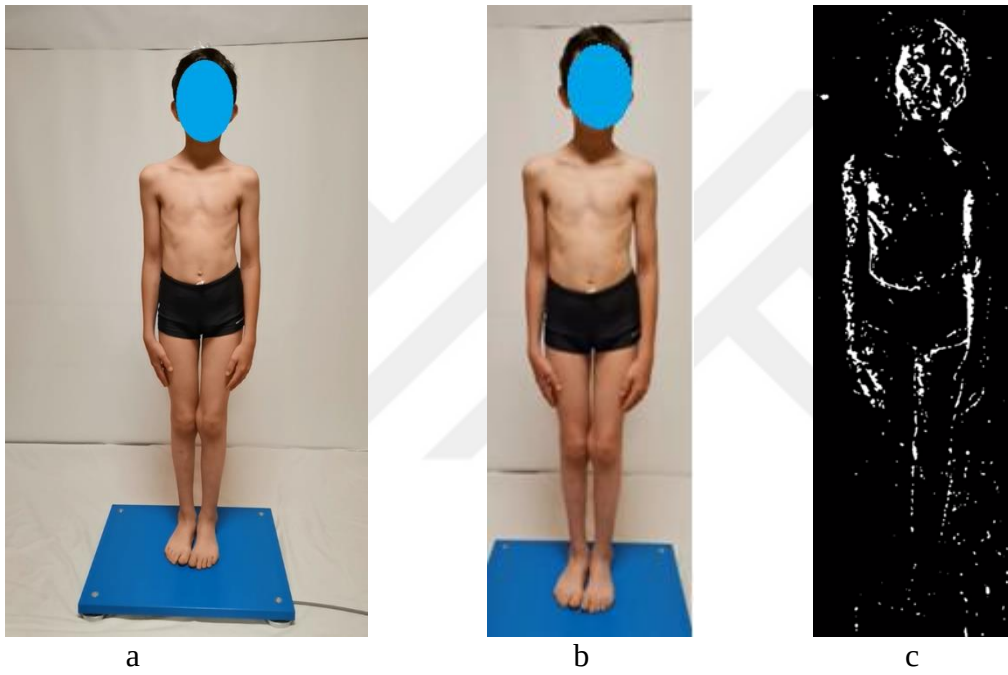


Resim 3.1. Video kaydından bir görüntü

Elde edilen video kayıtları bilgisayara aktarıldı. Videoların görüntü işleme yazılımı, yapay zekâ ve görüntü işleme alanında tecrübeye sahip elektrik elektronik mühendisi tarafından yapıldı. Yazılımda görüntü işleme yöntemi olarak yaygın olarak tercih edilen frame difference (çerçeve farkı) metodu uygulandı. Frame difference yöntemi, iki video karesi (frame) arasındaki piksellerin matematiksel farkına dayanır. İki frame arasındaki sabit pikseller fark işlemi sonucunda birbirini yok ederek 0 (siyah) değeri alırken, hareketli piksellerin olduğu koordinatlar ise pozitif veya negatif değer alır. Sıfıra eşit olmayan bu değerler bir eşik değeri ile kıyaslanır ve eşik değeri aşan piksel büyüklükleri hareketli piksel grubunu temsil ederek 1(beyaz) değerini alır [71].

Yazılım kapsamında öncelikle 30 saniyelik mp4 formatındaki video görüntüsü avi formatına dönüştürüldü ve çocuğun kuvvet platformu üzerinde bulunduğu alan seçilerek kırpıldı. Kırpma işlemi gerekli olan alanı seçmek ve görüntüdeki gereksiz alanları çıkararak gürültü oranını azaltmak amacıyla uygulandı. Ardından saniyede 30 frame bulunan renkli görüntü gri seviye görüntüye dönüştürülerek pikseller arası hareket farkı eşik değere göre hesaplandı. 0-1 arası değeri alabilen eşik değeri, bir pikselin ne kadar ayırt

edici olması gerektiğini belirleyen bir değerdir. 0 değeri piksel farkını algılamazken; 1 değeri çok hassas algılar [58]. Yazılımda pikseller arası hareket farkı, maksimum görünür hareket ve giysilerden kaynaklanan gürültü detaylarının en uygun kombinasyonunu verecek olması sebebiyle 0.15 eşik değerine göre hesaplandı. Görüntüdeki pikselin parlaklığı veya renk değeri 0.15 eşik değerinin altında ise 0 değerini alarak siyah alanı oluştururken, eşik değerin üstündeki pikseller 1 değerini alarak beyaz alanı oluşturdu. 0 değeri, o pikselde hareket olmadığını; 1 değeri ise o pikselde hareket olduğunu temsil etti. Böylelikle gri seviye görüntü ikili görüntüye dönüştürüldü (Resim 3.2).



Resim 3.2. Görüntü işleme adımları (a: Başlangıç görüntü karesi, b: Kırpılmış görüntü karesi, c: İkili görüntü)

Geliştirdiğimiz görüntü işleme programının kodları açık kod paylaşım kütüphanesi GitHub'a yüklendi [72]. Yazılımda işlenen videolar sonucunda Çizelge 3.2'deki veriler elde edildi:

Çizelge 3.2. Görüntü işleme program verileri

Parametreler	Açıklama
Vmean x Vmean y V mean r	Kütle merkezinin x eksenindeki ortalama hızı Kütle merkezinin y eksenindeki ortalama hızı Kütle merkezinin ortalama hızı
Vstd x Vstdy Vstdr	Kütle merkezinin x eksenindeki ortalama hızının standart sapması Kütle merkezinin y eksenindeki ortalama hızının standart sapması Kütle merkezinin ortalama hızının standart sapması
Ctotal x Ctotal y Ctotal r	X ekseninde alınan toplam yol Y ekseninde alınan toplam yol Toplam yol
Qtotal	Toplam hareket miktarı

3.4. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analizler IBM SPSS Statistics 26.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, ABD) paket programı kullanılarak yapıldı. Görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Shapiro–Wilk testi, çarpıklık ve basıklık değerleri, varyasyon katsayısı) kullanılarak sayısal değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu incelendi. Tanımlayıcı istatistikler; nominal ve ordinal değişkenler için frekans ve yüzde, sayısal değişkenler için medyan ve persantiller ya da ortalama ve standart sapma kullanılarak verildi. SP ve kontrol grubunun görüntü işleme parametre değerlerinin kıyaslanmasında “Mann-Whitney U Testi” kullanıldı. Parametrik korelasyon ve regresyon analizlerinin yapılabilmesi için normal dağılım sergilemeyen değişkenlere logaritmik dönüşüm uygulandı. Sayısal değişkenler arasındaki ilişkiler “Pearson Korelasyon Testi” ile incelendi. Korelasyon katsayısı değerleri 0.00-0.20: çok zayıf; 0.21–0.40: zayıf; 0.41-0.60: orta; 0,61–0,80: güçlü ve 0,81–1.00: çok güçlü olarak yorumlandı. Görüntü işleme parametreleri ile kuvvet platformu parametrelerini tahmin etmek için “Basit veya Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi” kullanıldı. İlgili kuvvet platformu parametreleri ile anlamlı korelasyon gösteren ve korelasyon katsayısı 0,25’in üstünde olan görüntü işleme parametreleri multikolarite açısından incelendi ve multikolarite gösteren (korelasyon katsayısı>0,80) parametrelerden klinik olarak anlamlı olanlar modele dahil edildi. Her bir kuvvet platformu parametresinin tahmini için regresyon modeli kuruldu ve tüm regresyon modellerinde ‘Enter’ yöntemi kullanıldı. Model uyumu gerekli rezidüel ve uyum istatistikleri kullanılarak incelendi [73]. Prediktörlerin (bağımsız değişkenlerin) bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünü belirlemede Cohen’in R^2 standartları kullanıldı: $R^2 = 0.02$ (küçük etki); $R^2 = 0.13$ (orta etki); $R^2 = 0.26$ (geniş etki) [74]. Tip 1 hata düzeyinin %5’in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.



4. BULGULAR

4.1. Tanımlayıcı Bulgular

Çalışma 63 SP'li, 20 sağlıklı olmak üzere toplam 83 çocukla tamamlandı. Çalışmaya katılan çocukların sosyodemografik ve klinik özellikleri çizelge 4.1'de verilmiştir. Gruplar sosyo-demografik özellikler açısından benzerdir ($p>0,05$). SP'li grubun yaklaşık %73'ü unilateral tutuluma sahipken, %63'ünün kaba motor fonksiyon sınıflaması seviye 1'dir.

Çizelge 4.1. Katılımcıların sosyodemografik ve klinik özellikleri (n=83)

Sosyodemografik ve klinik özellikler		SP grup (n=63)		Kontrol grup (n=20)		p ^a
		$\bar{x}\pm ss$	Medyan (25-75 Persantil)	$\bar{x}\pm ss$	Medyan (25-75 Persantil)	
Yaş (yıl)		7,95 $\pm$ 2,59	7(6-10)	8,25 $\pm$ 2,53	8,5 (6-10)	0,621
Vücut ağırlığı (kg)		29,54 $\pm$ 9,71	29(21-38)	32,1 $\pm$ 10,42	31,5 (23-39)	0,394
Boy (cm)		128,13 $\pm$ 17,44	132(113-140)	132,1 $\pm$ 13,56	133 (123-140)	0,430
VKİ (kg/m ²)		17,48 $\pm$ 2,4	17,36(15,52-19,33)	17,92 $\pm$ 2,51	18,04 (16,13-19,13)	0,406
		n	%	n	%	p ^b
Cinsiyet	Kız	23	36,51	11	55,0	0,143
	Erkek	40	63,49	9	45,0	
Sp Tipi	Unilateral	46	73,02	NA	NA	NA
	Bilateral	17	26,98	NA	NA	
KMFSS	1	40	63,49	NA	NA	NA
	2	23	36,51	NA	NA	

n: Birey sayısı, %: yüzde, $\bar{x}$: Ortalama, ss: Standart Sapma. p^a:Mann–Whitney U-test, p^b: Ki-kare ya da Fisher exact test NA:Uygulanabilir değil

4.2. Kuvvet Platformu Parametrelerinin Görüntü İşleme Tekniği Parametreleri ile İlişkisi ve Tahmini

Çalışma kapsamında, 30'ar saniyelik dört ayrı görüntü videosu ve onlara ait kuvvet platformu COP verilerinin her biri kendi içinde ayrı ayrı değerlendirildi.

4.2.1. Birinci durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini

1. durum olan gözler açık (GA) ayaklar omuz genişliğinde açık (AA) pozisyonundaki verilere göre; kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hız verisinin; yazılımda ML, AP ve R yönlerdeki ortalama hız verileri ile orta düzeyde ($p<0.001$), ML yöndeki hızın standart sapması verisiyle ise zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hız verisinin; yazılımda ML yöndeki ortalama

hız verisiyle güçlü düzeyde, AP ve R yönündeki ortalama hız verileriyle orta düzeyde ($p<0.001$) AP yönündeki hızın standart sapması ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda R yönündeki ortalama hız verisinin; yazılımda ML yönündeki ortalama hızla güçlü, AP ve R yönündeki ortalama hız ve ML yönündeki hızın standart sapması ile orta ($p<0.001$), R yönündeki hızın standart sapmasıyla ise zayıf pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait ortalama hız parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_mean_x1	V_mean_y1	V_mean_r 1	V_std_x 1	V_std_y 1	V_std_r 1
Log_V_mean_x_kistler1	r	0,521	0,459	0,510	0,268	0,204	0,163
	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,034	0,109	0,201
Log_V_mean_y_kistler1	r	0,657	0,473	0,582	0,521	0,271	0,351
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,032	0,005
Log_V_mean_r_kistler1	r	0,65	0,502	0,596	0,447	0,258	0,29
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,041	0,021
V_mean_x1	r	1	0,795	0,94	0,833	0,599	0,704
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_y1	r	0,795	1	0,952	0,471	0,86	0,711
	p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_r1	r	0,94	0,952	1	0,665	0,774	0,736
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_std_x1	r	0,833	0,471	0,665	1	0,437	0,766
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_std_y1	r	0,599	0,86	0,774	0,437	1	0,883
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_std_r1	r	0,704	0,711	0,736	0,766	0,883	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Görüntü işleme parametreleri ile kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin tahmin edilmesi için ‘Çoklu Doğrusal Regresyon Analizi’ yapıldı. Normal dağılım göstermeyen bağımlı değişken (kuvvet platformu ortalama hız parametreleri) için logaritmik dönüşüm uygulandı. Çizelge 4.3’de verilen regresyon modellerindeki bağımsız değişkenlerden en az birinin anlamlı prediktör olduğu ve modellerin genel olarak anlamlı olduğu görüldü (sırasıyla; $F = 16.905$ ve $p<0.001$, $F = 14,397$ ve $p<0.001$, $F=16,302$ ve $p<0.001$).

Kuvvet platformunda ML yönündeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımdaki ML yönündeki ortalama hız ve ML yönündeki hızın standart sapması değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %34’ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.339$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün ‘geniş’ olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda ML ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet

Çizelge 4.3. (devam) Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,702	1,541/1,864	-	21,068	<0,001	-
V_mean_r1	0,074	0,045/0,103	0,754	5,159	<0,001	2,306
V_std_r1	-0,045	-0,074/-0,017	-0,540	-3,181	0,002	3,110
V_std_x1	0,035	0,005/0,064	0,359	2,330	0,023	2,560
Bağımlı değişken: Log_V_mean_r_kistler1 n=63, R ² _{adj} =0.425, Standart tahmin hatası: 0.139 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F=16,302 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

Kuvvet platformunda ML yöndeki hızın standart sapması verisi, yazılımda ML, AP ve R yönlerdeki ortalama hız ile orta düzeyde, ML yönde hızın standart sapmasıyla ise zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapmasının, yazılımda ML yöndeki ortalama hız ile güçlü düzeyde, AP ve R yönlerindeki ortalama hız ve ML yöndeki hızın standart sapması ile orta düzeyde, AP yöndeki hızın standart sapması ve R yöndeki hızın standart sapması ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapması verisinin, yazılımda ML yöndeki ortalama hız ile güçlü, AP yöndeki ortalama hız, R yöndeki ortalama hız ve ML yönde hızın standart sapması ile orta, R yöndeki hızın standart sapması ile zayıf pozitif korelasyonu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğinde ortalama hızın standart sapmasına ait parametrelerin ilişkisi Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_std_x1	V_std_y1	V_std_r1	V_mean_x1	V_mean_y1	V_mean_r1
log_V_std_x_kistler1	r	0,28	0,176	0,142	0,531	0,457	0,513
	p	0,026	0,168	0,267	<0,001	<0,001	<0,001
log_V_std_y_kistler1	r	0,545	0,269	0,345	0,707	0,508	0,629
	p	<0,001	0,033	0,006	<0,001	<0,001	<0,001
log_V_std_r_kistler1	r	0,42	0,199	0,214	0,652	0,506	0,6
	p	0,001	0,118	0,092	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_x1	r	1	0,437	0,766	0,833	0,471	0,665
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_y1	r	0,437	1	0,883	0,599	0,86	0,774
	p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_r1	r	0,766	0,883	1	0,704	0,711	0,736
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_x1	r	0,833	0,599	0,704	1	0,795	0,94
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_mean_y1	r	0,471	0,86	0,711	0,795	1	0,952
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_mean_r1	r	0,665	0,774	0,736	0,94	0,952	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yöndeki hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki hızın standart sapması ve ML yöndeki ortalama hız değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %35'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.346$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda ML yöndeki hızın standart sapmasındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yöndeki hızın standart sapmasında 0,061 birimlik logaritmik azalma, ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın ise kuvvet platformunda ML yöndeki hızın standart sapmasında 0,185 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.5).

Kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML ve AP yönlerdeki hızın standart sapması ve AP yöndeki ortalama hız değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %48'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.478$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda ML yönde hızın standart sapması ve AP yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapmasında sırasıyla 0,047 ve 0,145 birimlik logaritmik artış, AP yöndeki hızın standart sapmasındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapmasında 0,066 birimlik logaritmik azalma oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.5).

Kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki hızın standart sapması ve ML yöndeki ortalama hız değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %46'sını açıkladığı görüldü ($R^2=0.456$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda ML yöndeki hızın standart sapmasındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapmasında 0,053 birimlik logaritmik azalma, yazılımda ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın ise kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapmasında 0,216 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu hızı ait standart sapma parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,675	1,507/1,842	-	20,027	<0,001	-
V_std_x1	-0,061	-0,103/-0,018	-0,527	-2,845	0,006	3,259
V_mean_x1	0,185	0,114/0,256	0,970	5,232	<0,001	3,259
Bağımlı değişken: log_V_std_x_kistler1 n=63, R ² _{adj} =0.346, Standart tahmin hatası: 0.177 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 17,405 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,539	1,354/1,724	-	16,622	<0,001	-
V_std_x1	0,047	0,024/0,070	0,422	4,050	<0,001	1,292
V_std_y1	-0,066	-0,100/-0,032	-0,695	-3,855	<0,001	3,858
V_mean_y1	0,145	0,086/0,203	0,906	4,932	<0,001	4,010
Bağımlı değişken: log_V_std_y_kistler1 n=63, R ² _{adj} =0.478, Standart tahmin hatası: 0.152 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 19,933 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,436	1,260/1,612	-	16,357	<0,001	-
V_std_x1	-0,053	-0,098/-0,008	-0,399	-2,362	0,021	3,259
V_mean_x1	0,216	0,142/0,290	0,984	5,821	<0,001	3,259
Bağımlı değişken: log_V_std_r_kistler1 n=63, R ² _{adj} =0.456, Standart tahmin hatası: 0,185 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 26,994 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML, AP ve R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu belirlendi ($p < 0.001$). Kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML yönde alınan toplam yol ile güçlü, AP ve R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı parametreleriyle orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p < 0.05$). Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML yönde alınan toplam yol ile güçlü, AP ve R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı ile orta derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p < 0.001$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait toplam yer değiştirme parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.6'de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi

		C_total_x 1	C_total_y 1	C_total_r 1	C_std_x 1	C_std_y 1	C_std_r 1	Q_total_1
Log_C_total_x_kistler1	r	0,517	0,456	0,507	-0,08	-0,252	-0,233	0,515
	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,534	0,046	0,067	<0,001
Log_C_total_y_kistler1	r	0,651	0,469	0,577	-0,001	-0,315	-0,264	0,407
	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,996	0,012	0,036	0,001
Log_C_total_r_kistler1	r	0,643	0,496	0,590	-0,012	-0,295	-0,252	0,489
	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,927	0,019	0,046	<0,001
C_total_x1	r	1	0,792	0,939	0,07	-0,261	-0,17	0,533
	p		<0,001	<0,001	0,586	0,039	0,183	<0,001
C_total_y1	r	0,792	1	0,951	-0,266	-0,19	-0,199	0,411
	p	<0,001		<0,001	0,035	0,135	0,117	0,001
C_total_r1	r	0,939	0,951	1	-0,116	-0,23	-0,186	0,496
	p	<0,001	<0,001		0,363	0,07	0,145	<0,001
C_std_x1	r	0,07	-0,266	-0,116	1	0,451	0,712	-0,024
	p	0,586	0,035	0,363		<0,001	<0,001	0,854
C_std_y1	r	-0,261	-0,19	-0,23	0,451	1	0,551	-0,331
	p	0,039	0,135	0,07	<0,001		<0,001	0,008
C_std_r1	r	-0,17	-0,199	-0,186	0,712	0,551	1	-0,184
	p	0,183	0,117	0,145	<0,001	<0,001		0,149
Q_total_1	r	0,533	0,411	0,496	-0,024	-0,331	-0,184	1
	p	<0,001	0,001	<0,001	0,854	0,008	0,149	

Pearson Korelasyon Testi. C_total: toplam yol, C_std: yolun standart sapması, Q_total: toplam hareket miktarı, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %33'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.325$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda ML yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı verilerindeki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolda sırasıyla 0,006 ve 0,028 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.7).

Kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %25'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.251$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). AP yönde alınan toplam yol, toplam hareket miktarındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yol verisinde sırasıyla 0,006 ve 0,024 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.7).

Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %38'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.379$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yol verisinde 0,005 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Birinci durumda (GA-AA) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,898	2,815/2,981	-	70,024	<0,001	-
C_total_x1	0,006	0,002/0,010	0,338	2,743	0,008	1,396
Q_total_1	0,028	0,007/0,049	0,335	2,717	0,009	1,396
Bağımlı değişken: log_C_total_x_kistler1 n=63, $R^2_{adj}=0.325$, Standart tahmin hatası: 0.151 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 15.952 ve $p<0.001$						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,883	2,791/2,975	-	62,663	<0,001	-
C_total_y1	0,006	0,002/0,010	0,362	3,006	0,004	1,204
Q_total_1	0,024	0,002/0,047	0,258	2,142	0,036	1,204
Bağımlı değişken: log_C_total_y_kistler1 n=63, $R^2_{adj}=0.251$, Standart tahmin hatası: 0.178 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 11,388 ve $p<0.001$						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	3,062	2,982/3,143	-	76,378	<0,001	-
C_total_r1	0,005	0,002/0,007	0,461	4,000	<0,001	1,327
Q_total_1	0,022	0,003/0,041	0,260	2,258	0,028	1,327
Bağımlı değişken: log_C_total_r_kistler1 n=63, $R^2_{adj}=0.379$ Standart tahmin hatası: 0.144 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 19,950 ve $p<0.001$						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

SP'li ve sağlıklı çocukların 1. Durumda (GA-AA) görüntü işleme ve kuvvet platformu sonucu çıkan verileri incelendiğinde SP'li çocuklarda ortalama hız, hızın değişim miktarı ve toplam yer değiştirmenin sağlıklı çocuklara kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Birinci durumda (GA-AA) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması

Kuvvet platformu				Görüntü işleme yazılımı			
	SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p		SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p
V_mean_x_kistler1	35,78 (30,16-52,23)	26,85 (22,84-32,19)	0,001	V_mean_x1	2,16 (1,02-2,95)	1,06 (0,4-1,62)	0,002
V_mean_y_kistler1	39,47 (26,93-48,46)	25,1 (19,76-33,59)	0,001	V_mean_y1	2,48 (0,99-3,27)	1,17 (0,41-1,53)	<0,001
V_mean_r_kistler1	64,14 (46,73-79,28)	41,3 (33,52-51,49)	<0,001	V_mean_r1	3,59 (1,7-5,09)	1,73 (0,6-2,52)	0,001
V_std_x_kistler1	44,54 (39,69-64,08)	33,94 (29,41-40,34)	0,001	V_std_x1	6,19±1,9	4,86±2,25	0,011
V_std_y_kistler1	53,72 (33,71-76,87)	31,67 (25,21-41,96)	0,001	V_std_y1	7,41±2,23	5,49±2,52	0,002
V_std_r_kistler1	35,24 (26,43-52,04)	24,07 (19,39-27,91)	<0,001	V_std_r1	8,99±2,18	7,07±3,03	0,015
C_total_x_kistler1	1072,57 (904,3-1565,89)	805,09 (684,66-965,17)	0,001	C_total_x1	19,9 (9,54-27,55)	9,75 (3,74-15,37)	0,002
C_total_y_kistler1	1183,36 (807,38-1452,98)	752,61 (592,35-1006,91)	0,001	C_total_y1	22,73 (9,3-30,98)	10,79 (3,77-14,26)	<0,001
C_total_r_kistler1	1922,92 (1400,87-2376,93)	1238,14 (1005,06-1543,64)	<0,001	C_total_r1	33,54 (15,98-47,17)	15,91 (5,54-23,93)	0,001
				Q_total_1	0,2 (0,05-2,04)	0,06 (0,02-0,1)	0,009

Değerler medyan (25-75 persantil) olarak verilmiştir. p: Mann-Whitney U-test. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, C_total: toplam yol, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

4.2.2. İkinci durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini

2. durum olan gözler kapalı (GK) ayaklar omuz genişliğinde açık pozisyonundaki verilere göre; kuvvet platformunda ML yönündeki ortalama hızın, yazılımda ML yönündeki ortalama hız ile zayıf, AP yönündeki ortalama hız ve R yönündeki ortalama hız ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda AP yönündeki ortalama hızın; yazılımda ML yönündeki ortalama hız, AP yönündeki ortalama hız ve R yönündeki ortalama hız ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda R yönündeki ortalama hızın; yazılımda ML yönündeki ortalama hız, AP yönündeki ortalama hız ve R yönündeki ortalama hız ile orta derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait ortalama hız parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_mean_x2	V_mean_y2	V_mean_r2	V_std_x2	V_std_y2	V_std_r2
log_V_mean_x_kistler2	r	0,348	0,432	0,418	0,056	0,129	0,016
	p	0,005	<0,001	0,001	0,664	0,312	0,901
log_V_mean_y_kistler2	r	0,401	0,465	0,458	0,186	0,204	0,129
	p	0,001	<0,001	<0,001	0,145	0,108	0,314
log_V_mean_r_kistler2	r	0,416	0,476	0,475	0,143	0,173	0,081
	p	0,001	<0,001	<0,001	0,262	0,174	0,53
V_mean_x2	r	1	0,729	0,925	0,803	0,512	0,604
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_y2	r	0,729	1	0,932	0,427	0,731	0,524
	p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_r2	r	0,925	0,932	1	0,643	0,654	0,586
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_std_x2	r	0,803	0,427	0,643	1	0,61	0,864
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_std_y2	r	0,512	0,731	0,654	0,61	1	0,896
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_std_r2	r	0,604	0,524	0,586	0,864	0,896	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

Kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %12'sini açıkladığı görüldü ($R^2=0.121$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'küçük' olduğu bulundu ($R^2>0,02$). ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızda 0,052 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.10).

Kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda AP yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %22'sini açıkladığı görüldü ($R^2=0.216$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızda 0,077 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.10).

Kuvvet platformunda R yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda R yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %23'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.225$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). R yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik

artışın kuvvet platformunda R yönündeki ortalama hızda 0,048 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,490	1,396/1,583	-	31,863	<0,001	-
V_mean_x2	0,052	0,016/0,088	0,348	2,898	0,005	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_x_kistler2 n=63, R ² =0.121, Standart tahmin hatası: 0.175 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 8,397 ve p=0.005						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,410	1,301/1,518	-	25,947	<0,001	-
V_mean_y2	0,077	0,039/0,114	0,465	4,101	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_y_kistler2 n=63, R ² =0.216, Standart tahmin hatası: 0.192 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 16,820 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,627	1,529/1,725	-	33,179	<0,001	-
V_mean_r2	0,048	0,025/0,070	0,475	4,211	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_r_kistler2 n=63, R ² =0.225, Standart tahmin hatası: 0.168 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 17,731 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

Kuvvet platformunda ML yönünde hızın standart sapmasının; yazılımda ML yönünde hızın standart sapması ile çok zayıf, ML yönündeki ortalama hız ile zayıf, AP yönündeki ortalama hız ve R yönünde ortalama hız ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda AP yönünde hızın standart sapmasının; yazılımda ML, AP ve R yönünde ortalama hız ile orta düzeyde, AP yönünde hızın standart sapması ile çok zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda R yönünde hızın standart sapmasının; yazılımda ML, AP ve R yönünde ortalama hız ile orta seviyede, R yönünde hızın standart sapması ile çok zayıf seviyede pozitif korelasyonu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğinde ortalama hızın standart sapmasına ait parametrelerin ilişkisi Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_std_x2	V_std_y2	V_std_r2	V_mean_x2	V_mean_y2	V_mean_r2
log_V_std_x_kistler2	r	0,071	0,091	-0,002	0,366	0,411	0,418
	p	0,578	0,479	0,989	0,003	0,001	0,001
log_V_std_y_kistler2	r	0,183	0,183	0,105	0,424	0,485	0,484
	p	0,152	0,151	0,413	0,001	<0,001	<0,001
log_V_std_r_kistler2	r	0,129	0,107	0,023	0,431	0,466	0,482
	p	0,315	0,404	0,86	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_x2	r	1	0,61	0,864	0,803	0,427	0,643
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_y2	r	0,61	1	0,896	0,512	0,731	0,654
	p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_r2	r	0,864	0,896	1	0,604	0,524	0,586
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_x2	r	0,803	0,512	0,604	1	0,729	0,925
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_mean_y2	r	0,427	0,731	0,524	0,729	1	0,932
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_mean_r2	r	0,643	0,654	0,586	0,925	0,932	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yönde hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %13'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.134$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yönde hızın standart sapmasında 0,060 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.12).

Kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapması değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %24'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.236$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' düzeyde olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapmasında 0,082 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.12).

Kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda R yönde ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %23'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.233$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda R yönde ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R

yönde hızın standart sapmasında 0,060 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu hızı ait standart sapma parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,592	1,491/1,692	-	31,630	<0,001	-
V_mean_x2	0,060	0,021/0,098	0,366	3,069	0,003	1,000
Bağımlı değişken: log_V_std_x_kistler2 n=63, R ² =0.134., Standart tahmin hatası: 0.18817 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 9,420 ve p=0.003						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,516	1,407/1,625	-	27,694	<0,001	-
V_mean_y2	0,082	0,044/0,119	0,485	4,336	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_V_std_y_kistler2 n=63, R ² =0.236, Standart tahmin hatası: 0.19343 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 18,797 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,384	1,262/1,505	-	22,845	<0,001	-
V_mean_r2	0,060	0,032/0,088	0,482	4,300	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_V_std_r_kistler2 n=63, R ² =0.233, Standart tahmin hatası: 0.20751 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 18,492 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML yönde alınan toplam yol ile zayıf düzeyde, AP, R yönlerinde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu belirlendi ($p<0.05$). Kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML, AP ve R yönde alınan toplam yol ile orta, toplam hareket miktarı parametresiyle zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0.05$). Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML, AP ve R yönde alınan toplam yol ile orta, toplam hareket miktarı ile zayıf derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p<0.05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait toplam yer değiştirme parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Çizelge 4.13. İkinci durum (GK-AA) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi

		C_total_x2	C_total_y2	C_total_r2	C_std_x2	C_std_y2	C_std_r2	Q_total_2
log_C_total_x_kistler2	r	0,359	0,446	0,432	-0,222	-0,051	-0,215	0,473
	p	0,004	<0,001	<0,001	0,081	0,691	0,091	<0,001
log_C_total_y_kistler2	r	0,416	0,477	0,473	-0,037	0,062	-0,077	0,281
	p	0,001	<0,001	<0,001	0,774	0,632	0,55	0,026
log_C_total_r_kistler2	r	0,431	0,491	0,491	-0,125	-0,004	-0,156	0,385
	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,329	0,973	0,222	0,002
C_total_x2	r	1	0,722	0,923	0,29	-0,051	-0,017	0,249
	p		<0,001	<0,001	0,021	0,689	0,892	0,049
C_total_y2	r	0,722	1	0,93	-0,12	0,069	-0,124	0,269
	p	<0,001		<0,001	0,348	0,592	0,332	0,033
C_total_r2	r	0,923	0,93	1	0,065	-0,02	-0,106	0,287
	p	<0,001	<0,001		0,612	0,879	0,41	0,023
C_std_x2	r	0,29	-0,12	0,065	1	0,488	0,733	-0,247
	p	0,021	0,348	0,612		<0,001	<0,001	0,051
C_std_y2	r	-0,051	0,069	-0,02	0,488	1	0,79	-0,315
	p	0,689	0,592	0,879	<0,001		<0,001	0,012
C_std_r2	r	-0,017	-0,124	-0,106	0,733	0,79	1	-0,3
	p	0,892	0,332	0,41	<0,001	<0,001		0,017
Q_total_2	r	0,249	0,269	0,287	-0,247	-0,315	-0,3	1
	p	0,049	0,033	0,023	0,051	0,012	0,017	

Pearson Korelasyon Testi. C_total: toplam yol, C_std: yolun standart sapması, Q_total: toplam hareket miktarı, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkenlerdeki varyasyonun yaklaşık %26'sını açıkladığı görüldü ($R^2=0.262$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda ML yönde alınan toplam yoldaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolda 0,004 birimlik logaritmik artış, toplam hareket miktarındaki 1 birimlik artışın ise kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolda 0,032 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.14).

Kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yönde alınan toplam yol değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %23'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.228$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yönde alınan toplam yoldaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yolda 0,008 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.14).

Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %28'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.283$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'geniş' olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yolda sırasıyla 0,005 ve 0,021 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. İkinci durumda (GK-AA) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,958	2,872/3,044	-	69,027	<0,001	-
C_total_x2	0,004	0,001/0,008	0,257	2,284	0,026	1,066
Q_total_2	0,032	0,014/0,050	0,408	3,625	0,001	1,066
Bağımlı değişken: log_C_total_x_kistler2 n=63, $R^2_{adj}=0.262$, Standart tahmin hatası: 0.15891 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 11,985 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,880	2,771/2,988	-	53,092	<0,001	-
C_total_y2	0,008	0,004/0,012	0,477	4,243	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_C_total_y_kistler2 n=63, $R^2=0.228$, Standart tahmin hatası: 0.19052 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F =18,003 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	3,100	3,006/3,195	-	65,610	<0,001	-
C_total_r2	0,005	0,002/0,007	0,415	3,694	<0,001	1,090
Q_total_2	0,021	0,003/0,040	0,266	2,366	0,021	1,090
Bağımlı değişken: log_C_total_r_kistler2 n=63, $R^2_{adj}=0.283$, Standart tahmin hatası: 0.16038 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 13,216 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

SP'li ve sağlıklı çocukların 2. durumda (GK-AA) görüntü işleme sonucu ve kuvvet platformundan çıkan verileri incelendiğinde SP'li çocuklarda ortalama hız, hızın değişim miktarı ve toplam yer değiştirmenin sağlıklı çocuklara kıyasla daha fazla olduğu bulunmuştur ($p<0.05$) (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. İkinci durumda (GK-AA) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması

Kuvvet platformu				Görüntü işleme yazılımı			
	SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p		SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p
V_mean_x_kistler2	36,39 (32,84-57,64)	25,98 (24,14-33,92)	<0,001	V_mean_x2	2,5 (1,13-3,11)	1,04 (0,27-1,63)	0,001
V_mean_y_kistler2	39,8 (26,99-59,18)	24,99 (20,72-35,34)	<0,001	V_mean_y2	2,87 (1,62-3,84)	0,9 (0,31-1,51)	<0,001
V_mean_r_kistler2	62,63 (46,55-84,5)	41,21 (34,98-52,42)	<0,001	V_mean_r2	4,67 (2,42-5,29)	1,64 (0,44-2,5)	<0,001
V_std_x_kistler2	46,83 (41,47-74,73)	33,73 (30,38-43,11)	<0,001	V_std_x2	5,44 (4,14-7,68)	4,97 (2,45-7,03)	0,115
V_std_y_kistler2	54,66 (34,32-79,8)	32,18 (26,45-44,53)	<0,001	V_std_y2	7,7 (6,05-9,38)	4,85 (3,27-7,03)	<0,001
V_std_r_kistler2	41,64 (27,37-66,81)	23,86 (20,9-29,08)	<0,001	V_std_r2	8,46 (7,26-11,18)	7,2 (4,15-9,29)	0,016
C_total_x_kistler2	1091,01 (984,62-1727,93)	778,85 (723,81-1016,94)	<0,001	C_total_x2	23,28 (10,6-28,65)	9,55 (2,51-15,33)	0,002
C_total_y_kistler2	1193,28 (809,06-1774,13)	749,06 (621,04-1059,63)	<0,001	C_total_y2	26,56 (14,82-35,37)	8,38 (2,83-14,14)	<0,001
C_total_r_kistler2	1877,57 (1395,72-2533,39)	1235,56 (1048,71-1571,45)	<0,001	C_total_r2	42,7 (22,11-50,01)	15,31 (4,03-23,48)	<0,001
				Q_total_2	0,16 (0,07-1,45)	0,08 (0,03-0,13)	0,004

Değerler medyan (25-75 persantil) olarak verilmiştir. p: Mann-Whitney U-test. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, C_total: toplam yol, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

4.2.3. Üçüncü durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini

3. durum olan gözler açık ayaklar platform ortasında kapalı (AK) ayakta duruş pozisyonundaki verilere göre; kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızın; yazılımda ML, AP ve R yönlerdeki ortalama hız ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızın; yazılımda ML, AP ve R yönlerde ortalama hız ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda R yöndeki ortalama hızın; yazılımda ML yöndeki ortalama hız ile zayıf, AP ve R yönde ortalama hız ile orta derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait ortalama hız parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_mean_x3	V_mean_y3	V_mean_r3	V_std_x3	V_std_y3	V_std_r3
log_V_mean_x_kistler3	r	0,411	0,518	0,498	0,129	0,221	0,064
	p	0,001	<0,001	<0,001	0,313	0,082	0,62
log_V_mean_y_kistler3	r	0,258	0,401	0,356	-0,028	0,174	-0,035
	p	0,041	0,001	0,004	0,829	0,174	0,784
log_V_mean_r_kistler3	r	0,342	0,473	0,439	0,047	0,206	0,013
	p	0,006	<0,001	<0,001	0,714	0,106	0,918
V_mean_x3	r	1	0,727	0,923	0,864	0,466	0,628
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_y3	r	0,727	1	0,933	0,411	0,809	0,576
	p	<0,001		<0,001	0,001	<0,001	<0,001
V_mean_r3	r	0,923	0,933	1	0,676	0,691	0,647
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_std_x3	r	0,864	0,411	0,676	1	0,352	0,754
	p	<0,001	0,001	<0,001		0,005	<0,001
V_std_y3	r	0,466	0,809	0,691	0,352	1	0,818
	p	<0,001	<0,001	<0,001	0,005		<0,001
V_std_r3	r	0,628	0,576	0,647	0,754	0,818	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %17'sini açıkladığı görüldü ($R^2=0.169$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızda 0,051 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.17).

Kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda AP yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %16'sını açıkladığı görüldü ($R^2=0.160$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızda 0,055 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.17).

Kuvvet platformunda R yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda R yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %19'unu açıkladığı görüldü ($R^2=0.193$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda R yöndeki ortalama

hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönündeki ortalama hızda 0,037 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,423	1,329/1,516	-	30,473	<0,001	-
V_mean_x3	0,051	0,022/0,080	0,411	3,520	0,001	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_x_kistler3 n=63, R ² =0.169, Standart tahmin hatası: 0.159 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 12,391 ve p=0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,426	1,307/1,546	-	23,934	<0,001	-
V_mean_y3	0,055	0,023/0,088	0,401	3,415	0,001	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_y_kistler3 n=63, R ² =0.160, Standart tahmin hatası: 0.182 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 11,662 ve p=0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,605	1,499/1,712	-	30,162	<0,001	-
V_mean_r3	0,037	0,018/0,057	0,439	3,819	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_r_kistler3 n=63, R ² =0.193, Standart tahmin hatası: 0.161 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 14,587 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

Kuvvet platformunda ML yönünde hızın standart sapmasının; yazılımda ML, AP ve R yönlerdeki ortalama hız ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda AP yönünde hızın standart sapmasının; yazılımda AP yönündeki ortalama hız ile orta düzeyde, ML ve R yönündeki ortalama hız ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformunda R yönünde hızın standart sapmasının; yazılımda ML yönündeki ortalama hız ile zayıf, AP ve R yönlerdeki ortalama hız ile orta seviyede pozitif korelasyonu görüldü ($p<0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğinde ortalama hızın standart sapmasına ait parametrelerin ilişkisi Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_std_x3	V_std_y3	V_std_r3	V_mean_x3	V_mean_y3	V_mean_r3
log_V_std_x_kistler3	r	0,124	0,198	0,041	0,409	0,513	0,495
	p	0,333	0,12	0,751	0,001	<0,001	<0,001
log_V_std_y_kistler3	r	-0,004	0,186	-0,019	0,283	0,423	0,382
	p	0,976	0,144	0,881	0,024	0,001	0,002
log_V_std_r_kistler3	r	0,082	0,206	0,026	0,367	0,489	0,463
	p	0,523	0,106	0,839	0,003	<0,001	<0,001
V_std_x3	r	1	0,352	0,754	0,864	0,411	0,676
	p		0,005	<0,001	<0,001	0,001	<0,001
V_std_y3	r	0,352	1	0,818	0,466	0,809	0,691
	p	0,005		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Çizelge 4.18. (devam) Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

V_std_r3	r	0,754	0,818	1	0,628	0,576	0,647
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_x3	r	0,864	0,466	0,628	1	0,727	0,923
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_mean_y3	r	0,411	0,809	0,576	0,727	1	0,933
	p	0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_mean_r3	r	0,676	0,691	0,647	0,923	0,933	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

Kuvvet platformunda ML yönde hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %17'sini açıkladığı görüldü ($R^2=0.167$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yönde hızın standart sapmasında 0,052 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.19).

Kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapması değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %18'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.180$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' düzeyde olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde hızın standart sapmasında 0,058 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.19).

Kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapması bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda R yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %21'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.214$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda R yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönde hızın standart sapmasında 0,043 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,530	1,434/1,627	-	31,778	<0,001	-
V_mean_x3	0,052	0,022/0,082	0,409	3,500	0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_V_std_x_kistler3 n=63, R ² =0.167, Standart tahmin hatası: 0.164 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 12,251 ve p=0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,523	1,406/1,640	-	26,071	<0,001	-
V_mean_y3	0,058	0,026/0,090	0,423	3,644	0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_V_std_y_kistler3 n=63, R ² =0.179, Standart tahmin hatası: 0.179 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 13,276 ve p=0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,349	1,234/1,463	-	23,561	<0,001	-
V_mean_r3	0,043	0,022/0,064	0,463	4,075	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_V_std_r_kistler3 n=63, R ² =0.214, Standart tahmin hatası: 0.173 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 16,610 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML, AP ve R yönlerde alınan toplam yol ile orta seviyede, toplam hareket miktarı ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu belirlendi ($p < 0.05$). Kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yolun; yazılımda AP, R yönde alınan toplam yol ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p < 0.05$). Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yolun; yazılımda ML yönde alınan toplam yol ile zayıf, AP ve R yönde alınan toplam yol ile orta derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p < 0.05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait toplam yer değiştirme parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Üçüncü durum (GA-AK) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi

		C_total_x3	C_total_y3	C_total_r3	C_std_x3	C_std_y3	C_std_r3	Q_total_3
log_C_total_x_kistler3	r	0,412	0,519	0,499	-0,199	-0,109	-0,109	0,301
	p	0,001	<0,001	<0,001	0,117	0,397	0,395	0,017
log_C_total_y_kistler3	r	0,245	0,386	0,343	-0,294	-0,065	-0,229	0,128
	p	0,053	0,002	0,006	0,02	0,612	0,071	0,316
log_C_total_r_kistler3	r	0,335	0,464	0,431	-0,263	-0,084	-0,183	0,217
	p	0,007	<0,001	<0,001	0,037	0,51	0,152	0,087
C_total_x3	r	1	0,726	0,922	0,289	-0,194	0,044	0,248
	p		<0,001	<0,001	0,022	0,127	0,734	0,05
C_total_y3	r	0,726	1	0,934	-0,17	0,028	0,078	0,265
	p	<0,001		<0,001	0,183	0,825	0,545	0,036
C_total_r3	r	0,922	0,934	1	0,05	-0,087	0,075	0,276
	p	<0,001	<0,001		0,695	0,499	0,561	0,029

Çizelge 4.20. (devam) Üçüncü durum (GA-AK) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi

C_std_x3	r	0,289	-0,17	0,05	1	0,378	0,535	-0,074
	p	0,022	0,183	0,695		0,002	<0,001	0,567
C_std_y3	r	-0,194	0,028	-0,087	0,378	1	0,647	-0,102
	p	0,127	0,825	0,499	0,002		<0,001	0,426
C_std_r3	r	0,044	0,078	0,075	0,535	0,647	1	-0,133
	p	0,734	0,545	0,561	<0,001	<0,001		0,3
Q_total_3	r	0,248	0,265	0,276	-0,074	-0,102	-0,133	1
	p	0,05	0,036	0,029	0,567	0,426	0,3	

Pearson Korelasyon Testi. C total: toplam yol, C std: yolun standart sapması, Q total: toplam hareket miktarı, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda ML yönde alınan toplam yol değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %17'sini açıkladığı görüldü ($R^2=0.170$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda ML yönde alınan toplam yoldaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolda 0,006 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.21).

Kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yönde alınan toplam yol değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %15'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.149$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yönde alınan toplam yoldaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yolda 0,006 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.21).

Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda R yönde alınan toplam yol değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %19'unu açıkladığı görüldü ($R^2=0.186$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda R yönde alınan toplam yoldaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yolda 0,004 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Üçüncü durumda (GA-AK) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,898	2,803/2,992	-	61,515	<0,001	-
C_total_x3	0,006	0,002/0,009	0,412	3,529	0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_C_total_x_kistler3 n=63, R ² _{adj} =0.170, Standart tahmin hatası: 0.159 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 12,454 ve p=0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,909	2,789/3,030	-	48,313	<0,001	-
C_total_y3	0,006	0,002/0,009	0,386	3,272	0,002	1,000
Bağımlı değişken: log_C_total_y_kistler3 n=63, R ² =0.149, Standart tahmin hatası: 0.183 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F=10,703 ve p=0.002						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	3,084	2,976/3,192	-	57,252	<0,001	-
C_total_r3	0,004	0,002/0,006	0,431	3,734	<0,001	1,000
Bağımlı değişken: log_C_total_r_kistler3 n=63, R ² _{adj} =0.186, Standart tahmin hatası: 0.161 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 13,939 ve p<0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

SP'li ve sağlıklı çocukların 3. Durumda (GA-AK) görüntü işleme sonucu ve kuvvet platformundan çıkan verileri incelendiğinde SP'li çocuklarda tüm parametrelerin sağlıklı çocuklara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur (p<0.05) (Çizelge 4.22).

Çizelge 4.22. Üçüncü durumda (GA-AK) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması

Kuvvet platformu				Görüntü işleme yazılımı			
	SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p		SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p
V_mean_x_kistler3	40,44 (24,84-48,35)	25,24 (20,72-34,76)	0,003	V_mean_x3	2,72 (1,72-3,66)	1,46 (0,52-2,61)	0,001
V_mean_y_kistler3	39,44 (29,28-56,12)	22,72 (18,5-33,77)	<0,001	V_mean_y3	3,38 (2,37-4,27)	1,27 (0,54-2,48)	<0,001
V_mean_r_kistler3	70,85 (45,84-79,99)	39,59 (31,06-51,95)	<0,001	V_mean_r3	4,72 (3,53-6,33)	2,11 (0,86-4,24)	<0,001
V_std_x_kistler3	50,67 (31,42-66,23)	31,66 (26,29-43,65)	0,002	V_std_x3	6,76 (5,17-7,87)	6,13 (3,75-7,12)	0,046

Çizelge 4.22. (devam) Üçüncü durumda (GA-AK) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması

V_std_y_kistler3	50,35 (39,4-72,42)	28,9 (23,69-42,84)	<0,001	V_std_y3	8,4 (7,45-9,89)	6,01 (4,23-8)	0,001
V_std_r_kistler3	39,41 (28,01-53,73)	21,23 (17,47-30,06)	<0,001	V_std_r3	9,63 (8,77-10,77)	7,89 (5,88-10,16)	0,014
C_total_x_kistler3	1212,5 (744,78-1449,57)	756,75 (621,08-1042,19)	0,003	C_total_x3	26,59 (16,18-34,46)	13,53 (4,85-23,98)	<0,001
C_total_y_kistler3	1182,36 (877,71-1682,49)	681,17 (554,52-1012,46)	<0,001	C_total_y3	32,11 (23,02-39,86)	11,63 (5,12-22,76)	<0,001
C_total_r_kistler3	2124,07 (1374,41-2398,04)	1186,83 (931,07-1557,4)	<0,001	C_total_r3	46,09 (34,07-58,68)	19,49 (7,97-38,93)	<0,001
				Q_total_3	0,4 (0,2-1,3)	0,07 (0,02-0,12)	<0,001

Değerler medyan (25-75 persantil) olarak verilmiştir. p: Mann-Whitney U-test. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, C_total: toplam yol, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

4.2.4. Dördüncü durumda kuvvet platformu parametrelerinin görüntü işleme tekniği parametreleri ile ilişkisi ve tahmini

4. durum olan gözler kapalı ayaklar platform ortasında bitişik ayakta duruş pozisyonundaki verilere göre; kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızın; yazılımda AP yöndeki ortalama hız ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p < 0,05$). Kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızın; yazılımda AP ve R yöndeki ortalama hız ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p < 0,05$). Kuvvet platformunda R yöndeki ortalama hızın, yazılımda AP ve R yöndeki ortalama hız ile zayıf derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p < 0,05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait ortalama hız parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_mean_x4	V_mean_y4	V_mean_r4	V_std_x4	V_std_y4	V_std_r4
log_V_mean_x_kistler4	r	0,074	0,295	0,212	-0,231	0,062	-0,21
	p	0,567	0,019	0,095	0,069	0,627	0,098
log_V_mean_y_kistler4	r	0,174	0,362	0,295	-0,056	0,177	-0,027
	p	0,172	0,004	0,019	0,662	0,166	0,834
log_V_mean_r_kistler4	r	0,132	0,35	0,27	-0,15	0,127	-0,125
	p	0,301	0,005	0,032	0,24	0,321	0,33
V_mean_x4	r	1	0,794	0,946	0,912	0,703	0,783
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001

Çizelge 4.23. (devam) Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

V_mean_y4	r	0,794	1	0,945	0,622	0,909	0,744
	p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_r4	r	0,946	0,945	1	0,803	0,843	0,795
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_std_x4	r	0,912	0,622	0,803	1	0,66	0,883
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_std_y4	r	0,703	0,909	0,843	0,66	1	0,896
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_std_r4	r	0,783	0,744	0,795	0,883	0,896	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda ML yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %0,9'unu açıkladığı görüldü ($R^2=0.087$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'küçük' olduğu bulundu ($R^2>0,02$). Yazılımda ML yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yöndeki ortalama hızda 0,027 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.24).

Kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda AP yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %13'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.131$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yöndeki ortalama hızda 0,034 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.24).

Kuvvet platformunda R yöndeki ortalama hızın tahmin edilmesinde; yazılımda R yöndeki ortalama hız değişkeninin anlamlı prediktör olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %0,7'sini açıkladığı görüldü ($R^2=0.073$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'küçük' olduğu bulundu ($R^2>0,02$). Yazılımda R yöndeki ortalama hızdaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yöndeki ortalama hızda 0,016 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu ortalama hız parametrelerinin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,523	1,428/1,619	-	31,875	<0,001	-
V_mean_y4	0,027	0,005/0,049	0,295	2,416	0,019	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_x_kistler4 n=63, R ² =0.087, Standart tahmin hatası: 0.152 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 5,835 ve p=0.019						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,503	1,407/1,599	-	31,309	<0,001	-
V_mean_y4	0,034	0,012/0,056	0,362	3,032	0,004	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_y_kistler4 n=63, R ² =0.131, Standart tahmin hatası: 0.153 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 9,192 ve p=0.004						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	1,735	1,640/1,831	-	36,319	<0,001	-
V_mean_r4	0,016	0,001/0,031	0,270	2,189	0,032	1,000
Bağımlı değişken: Log_V_mean_r_kistler4 n=63, R ² =0.073, Standart tahmin hatası: 0.146 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 4,792 ve p=0.032						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

4. durumda kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniği ile elde edilen hızın standart sapmasına ait parametreler arasında anlamlı korelasyon görülmedi (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu hıza ait standart sapma parametrelerinin görüntü işlemeye ait hız parametreleri ile ilişkisi

		V_std_x4	V_std_y4	V_std_r4	V_mean_x4	V_mean_y4	V_mean_r4
log_V_std_x_kistler4	r	-0,232	0,009	-0,242	0,062	0,252	0,182
	p	0,067	0,946	0,056	0,627	0,046	0,154
log_V_std_y_kistler4	r	-0,07	0,146	-0,055	0,167	0,346	0,283
	p	0,587	0,254	0,668	0,19	0,005	0,025
log_V_std_r_kistler4	r	-0,162	0,013	-0,193	0,099	0,254	0,198
	p	0,205	0,92	0,129	0,441	0,044	0,12
V_std_x4	r	1	0,66	0,883	0,912	0,622	0,803
	p		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_y4	r	0,66	1	0,896	0,703	0,909	0,843
	p	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
V_std_r4	r	0,883	0,896	1	0,783	0,744	0,795
	p	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001	<0,001
V_mean_x4	r	0,912	0,703	0,783	1	0,794	0,946
	p	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001	<0,001
V_mean_y4	r	0,622	0,909	0,744	0,794	1	0,945
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001		<0,001
V_mean_r4	r	0,803	0,843	0,795	0,946	0,945	1
	p	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Pearson Korelasyon Testi. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yönde alınan toplam yolun; yazılımda AP yönde alınan toplam yol ile zayıf seviyede, toplam hareket miktarı ile orta düzeyde pozitif korelasyona sahip

olduğu belirlendi ($p<0.05$). Kuvvet platformunda AP yönünde alınan toplam yolun; yazılımda AP ve R yönünde alınan toplam yol ile zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu görüldü ($p<0.05$). Kuvvet platformunda R yönünde alınan toplam yolun; yazılımda AP, R yönlerinde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı ile zayıf derecede pozitif korelasyonu görüldü ($p<0.05$). Kuvvet platformu ve görüntü işleme tekniğine ait toplam yer değiştirme parametrelerinin ilişkisi Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Dördüncü durum (GK-AK) kuvvet platformu toplam yer değiştirme parametrelerinin görüntü işlemeye ait toplam yer değiştirme parametreleri ile ilişkisi

		C_total_x4	C_total_y4	C_total_r4	C_std_x4	C_std_y4	C_std_r4	Q_total_4
log_C_total_x_kistler4	r	0,071	0,296	0,211	-0,444	-0,081	-0,234	0,49
	p	0,58	0,019	0,097	<0,001	0,529	0,065	<0,001
log_C_total_y_kistler4	r	0,175	0,362	0,295	-0,209	0,098	0,034	0,215
	p	0,17	0,004	0,019	0,099	0,445	0,789	0,091
log_C_total_r_kistler4	r	0,131	0,35	0,269	-0,344	0,004	-0,109	0,376
	p	0,305	0,005	0,033	0,006	0,978	0,396	0,002
C_total_x4	r	1	0,793	0,945	0,524	0,267	0,297	0,041
	p		<0,001	<0,001	<0,001	0,034	0,018	0,751
C_total_y4	r	0,793	1	0,945	0,076	0,431	0,216	0,053
	p	<0,001		<0,001	0,554	<0,001	0,09	0,679
C_total_r4	r	0,945	0,945	1	0,309	0,37	0,274	0,05
	p	<0,001	<0,001		0,014	0,003	0,03	0,697
C_std_x4	r	0,524	0,076	0,309	1	0,263	0,506	-0,167
	p	<0,001	0,554	0,014		0,037	<0,001	0,192
C_std_y4	r	0,267	0,431	0,37	0,263	1	0,733	-0,282
	p	0,034	<0,001	0,003	0,037		<0,001	0,025
C_std_r4	r	0,297	0,216	0,274	0,506	0,733	1	-0,331
	p	0,018	0,09	0,03	<0,001	<0,001		0,008
Q_total_4	r	0,041	0,053	0,05	-0,167	-0,282	-0,331	1
	p	0,751	0,679	0,697	0,192	0,025	0,008	

Pearson Korelasyon Testi. C_total: toplam yol, C_std: yolun standart sapması, Q_total: toplam hareket miktarı, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu

Kuvvet platformunda ML yönünde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yönünde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %29’unu açıkladığı görüldü ($R^2=0.290$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün ‘geniş’ olduğu bulundu ($R^2>0,26$). Yazılımda AP yönünde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda ML yönünde alınan toplam yolda sırasıyla 0,003 ve 0,037 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.27).

Kuvvet platformunda AP yönünde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda AP yönünde alınan toplam yol değişkeninin anlamlı prediktör olduğu

ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %13'ünü açıkladığı görüldü ($R^2=0.131$). Prediktörün bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda AP yönde alınan toplam yoldaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda AP yönde alınan toplam yolda 0,004 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.27).

Kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yol bağımlı değişkeninin tahmin edilmesinde; yazılımda R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarı değişkenlerinin anlamlı prediktörler olduğu ve bağımlı değişkendeki varyasyonun yaklaşık %18'ini açıkladığı görüldü ($R^2=0.178$). Prediktörlerin bağımlı değişken üzerindeki etki büyüklüğünün 'orta' olduğu bulundu ($R^2>0,13$). Yazılımda R yönde alınan toplam yol ve toplam hareket miktarındaki 1 birimlik artışın kuvvet platformunda R yönde alınan toplam yolda sırasıyla 0,002 ve 0,027 birimlik logaritmik artış oluşturduğu bulundu (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Dördüncü durumda (GK-AK) kuvvet platformu toplam alınan yola ait parametrelerin görüntü işleme parametreleri ile tahmini

	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,956	2,870/3,042	-	68,454	<0,001	-
C_total_y4	0,003	0,001/0,005	0,270	2,522	0,014	1,003
Q_total_4	0,037	0,021/0,054	0,475	4,433	<0,001	1,003
Bağımlı değişken: log_C_total_x_kistler4 n=63, $R^2_{adj}=0.290$ Standart tahmin hatası: 0.133 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F = 13,637 ve p<0.001						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	2,979	2,882/3,075	-	61,682	<0,001	-
C_total_y4	0,004	0,001/0,006	0,362	3,031	0,004	1,000
Bağımlı değişken: log_C_total_y_kistler4 n=63, $R^2=0.131$, Standart tahmin hatası: 0.153 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F=9,188 ve p=0.004						
	B (Katsayı)	Güven aralığı	Beta	t	p	VIF
Sabit	3,180	3,088/3,272	-	69,050	<0,001	-
C_total_r4	0,002	0,000/0,003	0,251	2,175	0,034	1,003
Q_total_4	0,027	0,010/0,045	0,363	3,151	0,003	1,003
Bağımlı değişken: log_C_total_r_kistler4 n=63, $R^2_{adj}=0.178$, Standart tahmin hatası: 0.136 Model Uyumluluğu: ANOVA test; F=7,692 ve p=0.001						

B: Standardize edilmemiş katsayılar, Beta: Standardize edilmiş katsayılar, VIF: variance inflation factor.

SP'li ve sağlıklı çocukların 4. durumda (GK-AK) görüntü işleme sonucu ve kuvvet platformundan çıkan verileri incelendiğinde SP'li çocuklarda tüm parametrelerin sağlıklı çocuklara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0.01$) (Çizelge 4.28).

Çizelge 4.28. Dördüncü durumda (GK-AK) SP ve kontrol grubunda kuvvet platformu ve görüntü işleme parametrelerinin karşılaştırılması

Kuvvet platformu				Görüntü işleme yazılımı			
	SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p		SP grup (n=63)	Kontrol grup (n=20)	p
V_mean_x_kistler4	40,8 (32,39-54,62)	25,83 (22,55-35,63)	<0,001	V_mean_x4	3,57 (2,48-4,67)	1,19 (0,61-3,09)	<0,001
V_mean_y_kistler4	45,13 (33,43-51,28)	27,57 (21,66-30,21)	<0,001	V_mean_y4	3,89 (2,73-4,66)	0,89 (0,62-2,71)	<0,001
V_mean_r_kistler4	69,51 (52,83-83,37)	41,98 (35,8-51,05)	<0,001	V_mean_r4	5,84 (4,05-7,46)	1,65 (1,02-4,49)	<0,001
C_total_x_kistler4	1223,17 (971,14-1637,48)	774,48 (676,18-1068,1)	<0,001	C_total_x4	32,9 (23,53-45,34)	11,16 (5,67-28,39)	<0,001
C_total_y_kistler4	1353,1 (1002,16-1537,34)	826,42 (649,36-905,67)	<0,001	C_total_y4	36,02 (25,64-44,27)	8,19 (5,78-24,93)	<0,001
C_total_r_kistler4	2083,97 (1583,94-2499,37)	1258,62 (1073,4-1530,43)	<0,001	C_total_r4	54,16 (40,36-71,1)	15,24 (9,44-41,44)	<0,001
				Q_total_4	0,87 (0,28-1,82)	0,07 (0,03-0,16)	<0,001

Değerler medyan (25-75 persantil) olarak verilmiştir. p: Mann-Whitney U-test. V_mean: ortalama hız, V_std: hızın standart sapması, C_total: toplam yol, x: medio-lateral yön, y: antero-posterior yön, r: bileşke yön, kistler: kuvvet platformu.

5. TARTIŞMA

SP'li çocukların klinik değerlendirmelerinde kas iskelet sistemi muayenesi ile birlikte klinik denge testleri yapılmaktadır. Ancak objektif denge testlerinin uygulanabilirliği genellikle pahalı sistemler olduğundan ve laboratuvar ortamı gerektirdiğinden sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle SP'li çocuklarla çalışılan kliniklerde ya da özel eğitim ve rehabilitasyon merkezlerinde teknoloji tabanlı objektif denge değerlendirme testlerinin uygulanabilirliği yaygın değildir. Bu durumdan yola çıkarak mevcut çalışmada, SP'li çocukların statik dengesini değerlendirmek amacıyla görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirilen yazılım programının geçerliliği incelendi. Değerlendirme için laboratuvar ortamı gerektirmeyen, farklı ortamlarda kolaylıkla uygulanabilen, düşük maliyetli, objektif ve geçerli bir statik denge değerlendirme yazılımı geliştirmek hedeflendi. Yazılım programının geçerliliğini değerlendirmek için bir kuvvet platformu kullanılarak basınç merkezinin hareketleri incelendi. SP'li çocuklardan alınan video kayıtlarının yazılım programında işlenmesi sonucu elde edilen COP verilerinin, kuvvet platformundan alınan COP verileriyle güçlü, orta ve zayıf düzeyde pozitif korelasyona sahip olduğu bulundu. Ayrıca her dört durum için ayrı ayrı yapılan tahminleme modellerinde, bağımsız değişkenlerden en az birinin anlamlı prediktör olduğu ve bu modellerin genel olarak anlamlı olduğu belirlendi. Statik dengeyi kantitatif olarak değerlendiren sistemlerin teknik bilgi ve donanım gerektirmesi, yüksek maliyetli olması ve rutin uygulamalarda yaygın kullanılamaması gibi dezavantajları göz önüne alındığında; mevcut çalışmada SP'de statik dengeyi değerlendirmek için görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirilen yazılımın geçerli olduğu, klinik ve araştırma amaçlı kullanılabileceği sonucuna varıldı.

Ayakta duruş pozisyonunda stabilizeyi koruma, postüral kontrol ve değişen ortam şartlarına göre kas tonusu cevabını oluşturma becerisi, erken çocukluk döneminde gelişmeye başlar. Nörolojik problemi olan çocuklarda normal motor gelişimin gecikmesi veya sapması sebebiyle denge becerileri zayıftır [75]. Normal motor gelişim gösteren çocukta vücut parçaları arasındaki koordinasyon ve düzeltme reaksiyonları dengeyi sağlamak için kullanılırken, SP'li çocuklarda bu komponentler yetersizdir [76]. Denge becerilerindeki bozulma SP tanısının da ana komponentlerinden birisidir. SP'li çocuklarda denge bozukluğuna sebep olan çok faktör vardır. SP'li çocuklarda motor gelişimdeki gerilik, ortopedik problemler, duyuşsal problemler ve görme problemleri denge becerilerini etkiler [77]. Alt ekstremitte kaslarında kas zayıflığı veya sertliği, ayakta durma ve fonksiyonel

denge sırasında biyomekanik kısıtlamalar ve postüral uyumsuzluklar, zayıf duyuşsal stratejiler, reaktif postüral kontrol mekanizmalarında gecikme, destek tabanı içindeki ağırlık transferlerinde zorluk ve yürüme dengesizliği SP'li çocuklarda zayıf dengeye büyük ölçüde katkıda bulunabilir [78,79]. Spastisite ile birlikte gövde ve alt ekstremitte kaslarının zayıflığı, spastik SP'li çocuklarda potansiyel olarak denge ve yürüme sorunlarına zemin hazırlar [80].

Denge becerisi kaba ve ince motor beceriler için önemli olduğundan zayıf denge becerisi günlük yaşam aktivitelerinde zorluğa sebep olmaktadır [77]. SP'li çocuklar ev ya da okul ortamında yürürken denge kapasitelerine güvenleri düşük olduğundan, günlük aktivitelerde işlevsel bağımsızlıkları kısıtlanmakta ve yaşam kaliteleri olumsuz etkilenmektedir [81].

Var olan yeteneği belirlemek, tedavi öncesi ve sonrası gelişimi takip edebilmek için denge becerilerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi gereklidir. Bu hususta geçerli ve güvenilir denge değerlendirme yöntemlerinin tercih edilmesi önemlidir. SP'de denge komponentleri etkilendiğinden, kantitatif olarak değerlendirilmesi gerekir.

Son yıllarda bilim ve teknolojiadaki gelişmeler ve multidisipliner çalışmaların planlanmasıyla sağlık alanında da yeni yöntem ve teknikler kullanılmaya başlamıştır. Özellikle tıp alanında görüntüleme teknolojilerindeki ilerleyiş, sağlık bilimlerinde bilgisayar tabanlı tekniklerin daha çok kullanılmasını sağlamıştır. Bu alanda kullanılan yöntemlerden birisi de görüntü işleme tekniğidir. Görüntü işleme tekniğiyle mevcut video ya da resim görüntülerinden, bilgisayar yazılımı desteğiyle ulaşmak istenilen veriler elde edilmektedir. Literatürde, görüntü işleme tekniği kullanılarak SP'li bireylerde dengeyi değerlendiren herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda mevcut çalışmayla literatüre yeni bir katkı sunulacağı düşünülmüştür.

Çalışmada ayaklar omuz genişliğinde açık gözler açık statik ayakta duruş pozisyonundaki 1. durumda; kuvvet platformunda COP'un x,y ve r yönlerindeki ortalama hız, hızın standart sapması ve toplam yol parametreleri ile görüntü işleme yazılımında COM'un x,y ve r yönündeki ortalama hız, hızın standart sapması ve toplam yol parametreleri arasında güçlü-orta düzeyde pozitif korelasyon bulunmuştur. Diğer yandan kuvvet platformunda COP'un x,y ve r yönündeki ortalama hız, hızın standart sapması ve toplam yola ait tüm parametrelerindeki her bir bağımlı değişkenini, görüntü işleme yazılımında en az 2

parametrenin tahmin ettiği belirlenmiştir. Bu bulgulardan yola çıkarak; SP’li çocukların statik denge değerlendirmesinde ayaklar omuz genişliğinde açık gözler açık ayakta duruş pozisyonunda, görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirilen yazılım programının kullanılmasının geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

Ayaklar omuz genişliğinde açık gözler kapalı statik ayakta duruş pozisyonundaki 2. durumda; kuvvet platformu hız ve toplam yol parametreleri ile görüntü işleme yazılımı hız ve toplam yol parametreleri arasında orta-zayıf düzeyde pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Yine kuvvet platformunda COP’un ortalama hız, hızın standart sapması ve toplam yer değiştirme parametrelerine ait bağımlı değişkenlerin her biri, görüntü işleme parametrelerinden en az biri ile tahmin edilmiştir. Bu verilerde yola çıkarak SP’li çocukların statik denge değerlendirmesinde ayaklar omuz genişliğinde açık gözler kapalı ayakta duruş pozisyonunda, görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirilen yazılım programının kullanılmasının geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

3. durum olan ayaklar platform ortasında bitişik gözler açık ayakta duruş pozisyonunda; kuvvet platformu hız ve toplam yol parametreleri ile görüntü işleme yazılımı hız ve toplam yol parametreleri arasında orta-zayıf düzeyde pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Kuvvet platformunda COP’un ortalama hız, hızın standart sapması ve toplam yer değiştirme parametrelerine ait bağımlı değişkenlerin her biri, görüntü işleme parametrelerinden en az biri ile tahmin edilmiştir. Bu verilerde yola çıkarak SP’li çocukların statik denge değerlendirmesinde ayaklar bitişik gözler açık ayakta duruş pozisyonunda, görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirilen yazılım programının kullanılmasının geçerli olduğu sonucuna varılmıştır.

4. durum olan ayaklar platform ortasında bitişik gözler kapalı ayakta duruş pozisyonunda; kuvvet platformunda COP’un y ve r yönündeki ortalama hız ve toplam yol parametreleri görüntü işleme yazılımının y ve r yönündeki ortalama hız ve toplam yol parametreleri ile düşük seviyede; COP’un x yönündeki ortalama hız ve toplam yol parametreleri ile görüntü işlemenin y yönündeki ortalama hız ve toplam yol parametreleri düşük seviyede pozitif korelasyon göstermiştir. Kuvvet platformunda COP’un tüm yönlerde hızının standart sapması ile görüntü işleme yazılımında COM’un tüm yönlerde hızının standart sapması arasında anlamlı korelasyon bulunmamıştır. Bu durum, ayaklar bitişik gözler kapalı ayakta durma pozisyonunda SP’li çocukların statik denge değerlendirmesinde görüntü işleme

yazılımının geçerli olduğu ancak dikkatli kullanılması gerektiği ya da ek değerlendirme araçlarıyla birlikte kullanılmasının daha uygun olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Denge problemi olan bireylerde COM ya da COP yörüngesinde aşırı lateral sapmanın mevcut olduğunu bildiren birden fazla çalışma mevcuttur [76,82,83]. Örneğin, SP'li çocuklarda, statik ayakta durma pozisyonunda tipik gelişim gösteren çocuklara göre COP'un daha fazla salındığına dair raporlar bulunmaktadır [84,85]. Hsue ve ark. çalışmalarında SP'li çocuklarda, mediolateral COM hareketinin, hemiplejikleri, diplejiklerden ve sağlıklı çocuklarından ayırt etmek için kullanılabileceğini, daha ciddi etkilenen bireylerde COM hareketinde bu yönde daha büyük sapmalar ve hızlar görülebileceğini bildirmiştir [76,82]. Hemiplejik SP'li çocuklarda statik ve dinamik postüral stabiliteyi değerlendirmek isteyen bir başka çalışmada, SP'li grupta sağlıklı gruba göre sallanma hızının daha fazla olduğu belirtilmiştir [86]. Çalışmada literatürdeki sonuçlarla uyumlu şekilde, görüntü işleme sonucu elde edilen verilerde SP'li çocuklarda COP hızı ve toplam yol (salınım) miktarı sağlıklı çocuklara kıyasla her 4 durumda da daha fazladır. Görüntü işleme yazılımı tüm durumlarda SP'li bireylerle sağlıklı bireyleri ayırt edebilmiştir. Ayrıca bu durum altın standart olarak kabul edilen kuvvet platformunun verileriyle de desteklenmiştir.

Literatür araştırıldığında SP'li çocuklarda görüntü işleme tekniği kullanılarak dengeyi değerlendiren kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanmıştır. Yalnızca bir çalışmada SP'li bireylerin postüral kontrolünü değerlendirmede bilgisayar tabanlı video analizinin geçerliliği incelenmiştir. 13 SP'li ve 24 sağlıklı çocuğun dahil edildiği çalışmada, statik ayakta durma sırasında çocukların video kayıtları alınmış ardından 66 maddelik Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü uygulanmıştır. Elde edilen veriler analiz edildiğinde; bilgisayar tabanlı video analiz yazılımı tarafından hesaplanan COM'un horizontal yöndeki ortalama yer değiştirmesinin, SP'li bireylerde statik ayakta duruş sırasında duruş kontrolünü değerlendirmek için kullanılabileceğini, diğer iki değer; COM'un horizontal yöndeki ortalama yer değiştirmesinin standart sapması ve toplam hareket miktarının, postüral salınımı tanımlama potansiyeline sahip olabileceği, ancak bunu kanıtlamak için başka çalışmalara ihtiyaç olduğu bildirilmiştir [87]. Video analizi sonucu elde edilen denge verilerini karşılaştırmak için kullanılan Kaba Motor Fonksiyon Ölçümü salt olarak postüral kontrolü ya da dengeyi değerlendiren bir araç değildir. Geliştirilen görüntü işleme yazılımının, statik dengeyi değerlendirmede altın standart olarak kabul edilen kuvvet

platformuyla karşılaştırılması, yeterli örneklem büyüklüğüne sahip olması ve istatistiksel olarak geçerli tahminleme modellerinin elde edilmesi, mevcut çalışmanın bahsi geçen çalışmaya göre metodolojik üstünlükleridir.

SP'li bireyler dışında diğer hastalık gruplarında görüntü işleme tekniğini kullanarak dengeyi değerlendiren çalışmalar araştırılmış ve mühendislik bilimlerinde yapılan az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. 2020 yılında yayınlanan, yaşlı bireylerde video analizi ile denge değerlendirmesini araştırmak amacıyla yapılan bir çalışmada, 20 nörodejeneratif hastalığı olan birey ve 27 sağlıklı birey çalışmaya dahil edilmiştir. Katılımcıların klinik denge değerlendirmesi iki ayak üzerinde duruş, semi-tandem duruş ve tandem duruşla yapılmış ve aynı anda bireyin sağına, soluna ve önüne yerleştirilen üç kamera ile video kaydı alınmıştır. Video verilerini elde etmek için OpenPose açık erişimli yazılım kütüphanesi kullanılarak; deneklerin iskelet eklemleri vurgulanmış ve ayırt edici özellikleri çıkarmak için uygun video işleme teknikleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda sistemin hastanın denge becerilerinin ve bunun sonucunda düşme riskinin değerlendirilmesindeki doğruluğunun %79 oranında olduğu bildirilmiştir. Gelecek araştırmalarında tahmine dayalı modelin doğruluğunu artırmak için ek testlerin kullanılmasının yerinde olacağı belirtilmiştir [88].

Düşme riski olan yaşlı bireylerde, toplum merkezinde bulunan kalibre edilmemiş tek kamera ile ayakta durma dengesinin değerlendirilmesi amacıyla 5 kişinin dahil edildiği bir çalışmada, katılımcılar Berg Denge Ölçeği ile değerlendirilmiş ve 1 dakikalık statik ayakta durma video kayıtları alınmıştır. Video kayıtlarında baş ve ayak bölgesi kare içine alınmış, yalnızca bu bölgelerin hareket görüntüleri işlenmiştir. Videoda baş ve her bir ayağı içine alan alanlar 100x100 piksel boyutunda olacak şekilde seçilmiş, görüntüdeki gürültüler giderilmiş ardından birkaç filtreleme işlemine tabi tutulmuştur. Berg Denge Ölçeği ve ölçeğin postüral salınım alt skoru ile istatistiksel analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda postüral salınımı değerlendirmek için bu yöntemin kullanılabileceği bildirilmiştir [89]. Dengenin tüm vücut parçalarının hareketinden etkilendiği göz önünde bulundurulduğunda; çalışmada video analizinde yalnızca baş ve ayakların işlenmesiyle dengenin ölçülmesinde ve yorumlanmasında hata olabileceğini düşünülmüştür. Ayrıca çalışmada katılımcı sayısı oldukça düşüktür ve yöntemi kıyaslamak için kantitatif bir ölçüm metodu kullanılmamıştır. Bu durumlar çalışmanın başka limitasyonları olarak değerlendirilebilir.

Statik dengeyi ölçmede OpenPose yazılım yönteminin kullanılabilirliğini değerlendirmek için 3 sağlıklı yetişkinin dahil edildiği bir başka çalışmada, bireyler kuvvet platformu üzerinde statik ayakta durma pozisyonundayken bir kamera ile video kayıtları alınmıştır. Kuvvet platformundan elde edilen verilerle video analizi verileri karşılaştırılmış ve yöntemin klinik ortamlarda dengeyi değerlendirmek için uygun bir alternatif olma potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir [90].

Bahsi geçen çalışmalar genellikle mühendislik bilimleri alanında yapılan çalışmalardır ve katılımcı sayıları düşüktür. Bu anlamda çalışmamız hem sağlık bilimlerinde hem de daha geniş örneklem grubuyla yapılması yönüyle önem arz etmektedir. Ayrıca ölçüm sonucunda niceliksel bir veri elde edilen yöntemin geçerliliğinin; objektif ve kantitatif sonuç verisi sağlayan geçerli bir yöntemle karşılaştırılmasının önemli olduğu düşünülmektedir. Bu düşünceden yola çıkarak geliştirdiğimiz yeni yöntemin geçerliliğini değerlendirdiğimiz çalışmada, denge değerlendirmesinde altın standart olarak kabul edilen kuvvet platformunun kullanılması çalışmanın bir diğer kuvvetli yanını göstermektedir.

SP’de denge değerlendirmesinde; Pediatrik denge ölçeği, zamanlı kalk yürü testi, fonksiyonel uzanma testi, Kids-Balance Evaluation Systems Test (Kids-BESTest) ve Tandem duruş/yürüme testi, denge hata puanlama sistemi literatürde kullanılan ölçüm araçlarından bazılarıdır [91-94]. Bu testler statik ve fonksiyonel dengeyi değerlendirmek için geçerli ve güvenilir testler olsalar da, her birinin çeşitli sınırlamaları bulunmaktadır [92,93]. Zamanlı kalk yürü testi, dinamik dengeyi ölçerken statik dengeyi ölçmemektedir [92]. Fonksiyonel uzanma testi, fonksiyonel dengenin yalnızca ileriye ve laterale doğru olan yönünü ölçmektedir [93]. Kids-BESTest, SP’li çocuklarda duysal sistemlerin ve duysal entegrasyon disfonksiyonunun postüral kontrol üzerindeki etkisini ayırt etmek için kullanılmıştır, ancak daha fazla zaman ve farklı ekipman gerektirir [94]. Pediatrik denge ölçeğinin farklı düzeylerde nörolojik tutulumu olan çocuklarda denge bozukluklarını ayırt ettiği, ancak yüksek işlevli, hafif derecede etkilenmiş çocuklarda yetersiz olduğu bildirilmiştir [95].

Statik dengenin değerlendirilmesinde klinik testlerin yanı sıra laboratuvar ortamlarında uygulanan denge değerlendirme testleri de mevcuttur. Kuvvet platformları, statik postürografiler, stabilometre ve akselerometre kullanılan yöntemlerden bazılarıdır.

Kuvvet platformları (force plate), çeşitli algoritmalar kullanarak statik dengeyi ölçmek için sıklıkla kullanılan cihazlardır. COP'un antero-posterior ve medio-lateral yönde yer değiştirmesini, hızını veya frekansını zamanın bir fonksiyonu olarak ölçer. COP'un değerlendirilmesinde altın standart olarak kabul edilmektedir [96]. Literatürde SP'li çocukların denge değerlendirmesinde kuvvet platformlarının kullanıldığı pek çok çalışmaya rastlanmaktadır [70,97-99]. Çalışmaların çoğunda SP'li çocuklara çeşitli müdahaleler uygulanmış ve bu müdahalelerin denge üzerindeki etkinliği kuvvet platformları ile ölçülmüştür. 2022 yılında yayınlanan bir çalışmada, kuvvet platformu kullanarak COP ölçümü ile SP'de oturma ve ayakta durma dengesinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda SP'li çocuklarda oturma sırasındaki COP ölçümünün Pediatrik Denge Ölçeği ile zayıf ila orta düzeyde bir korelasyona sahip olduğu; ayakta durma sırasında COP ölçümünün Pediatrik Denge Ölçeği ile orta ila güçlü bir korelasyona sahip olduğu gösterilmiştir. COP ölçümünün kendi içinde de önemli ölçüde güvenilirlik gösterdiği bildirilmiştir [98]. Bir tür kuvvet platformu olan Wii Balance Board'un denge değerlendirmesinde geçerliliği ve güvenilirliğini özetleyen bir sistematik derlemede; Wii Balance Board'un diğer kuvvet platformlarıyla aynı anda geçerli veriler sağladığı ve statik ayakta duruşta kuvvet platformlarına benzer güvenilirlik özelliklerine sahip olduğu bildirilmiştir [100].

Postürografer, ayakta duruş pozisyonunda vücut stabilitesini değerlendiren ve denge fonksiyonlarını ölçen sistemlerdir [101]. Yüzeyin stabil ya da hareketli oluşuna göre statik veya dinamik postürografi olarak ikiye ayrılır. Statik postürografide bir platform üzerinde COP değişimleri gösterilir. Literatürde farklı çalışmalarda denge ölçümü için postürografilerin kullanıldığı görülmektedir. Multiple skleroz hastalarıyla yapılan bir çalışmada, denge problemlerini erken şekilde saptamak ve önleyici tedaviye başlamak için statik postürografinin objektif ve kantitatif bir test olarak kullanılabileceği bildirilmiştir [102]. SP'li çocuklarda statik postürografi kullanılarak değerlendirme yapılan bir çalışmada; postürografinin statik dengeyi değerlendirmek için objektif bir yöntem olduğu belirtilmiştir [103]. Bir başka çalışmada postürografide kullanılan yazılım paketleriyle denge problemini içeren parametreler belirlenebildiğinden sonuçlarının daha rahat karşılaştırılabilir olduğu vurgulanmıştır [104,105].

Stabilometre, ayakta durma pozisyonunda statik dengenin değerlendirilmesinde kullanılan teknolojik yöntemlerden biridir. Cihaz stabilometrik bir kuvvet platformu ve ona bağlı

monitörden oluşup yine COP'un antero-posterior ve medio-lateral salınımlarını ölçer. Farklı ticari firma isimleriyle kullanılan çeşitleri mevcuttur. Literatürde farklı hastalık gruplarında statik dengenin değerlendirmesinde stabilometrenin kullanıldığı çalışmalar mevcuttur [106,107]. Brouwer ve ark. çalışmalarında inmeli hastalarda stabilometre denge testinin geçerliliği ve güvenilirliğini araştırmıştır. Çalışma sonucuna göre stabilometrenin, Berg Denge Ölçeği ve kuvvet platformu karşısında geçerli ve güvenilir bir denge değerlendirme yöntemi olduğu, klinikte tercih edilen güncel ölçümler kadar kesin olduğundan araştırmalarla birlikte klinik uygulamalarda da kullanılabileceği belirtilmiştir [108].

Statik dengenin değerlendirildiği bir kuvvet platformu ve ona bağlı monitörleri içeren bu sistemler, geçerli ve güvenilir değerlendirme yöntemleri olmasına karşılık yüksek maliyetli ve ağır sistemlerdir. Rahat taşınabilir, portatif sistemler olmadığından araştırmacıların laboratuvar ortamları dışında test yapma yeteneklerini azaltır ve sonucunda erişilebilirlik daha kısıtlı hale gelir. Bununla birlikte cihazların kullanımı teknik bilgi ve özel donanım gerektirmektedir [105,109]. Diğer yandan bazı çocuklar tarafından platforma çıkmanın reddedilmesi ya da kaygıyla yaklaşılması sistemin diğer dezavantajları arasında sayılabilir.

Çalışmamızda geliştirilen yazılımla birlikte statik dengeyi değerlendirmek için ucuz, laboratuvar ya da klinik ortamla sınırlı kalmayıp ev ortamında bile dengenin objektif olarak değerlendirilebilmesi hedeflenmiştir. Yazılım programı hedef kaynaktan bilgisayara basit şekilde ücretsiz olarak indirilir ve video görüntüleri programa yüklenir. Yazılım programı sonucunda video görüntülerinin otomatik işlenmesiyle denge verileri direk elde edileceğinden uygulamayı kullanmak için herhangi bir özel donanıma ihtiyaç yoktur. Ayrıca uygulayıcının çocuğa herhangi bir müdahalede bulunmadan ve ekstra stres faktörü yüklemeyen basit bir video kaydı ile denge verilerini elde edebilmesi yazılımın bir başka avantajı olarak nitelendirilebilir.

Yukarıda bahsi geçen kuvvet platformu ve ona bağlı monitörden oluşan sistemler dışında statik dengeyi doğrudan ölçen araçlardan birisi de akselerometredir (ivmeölçer). Son zamanlarda daha yaygın olarak kullanılan akselerometre, her yaş grubunda uygulanabilen, vücut salınımlarını, hızı ve hareket yoğunluğunu ölçmek için kullanılan araçlardan biridir [110,111]. Statik ve dinamik görevler arasında ayrım yapabilen, güvenilir, hafif, taşınabilir,

statik dengeyi değerlendirmede basit kullanıma sahip süre odaklı izlem yapan bir cihazdır [109].

Akselerometrenin akıllı telefonlarda ya da fitness bilekliklerde de yaygın şekilde kullanımı mevcuttur. Alberts ve ark. sağlıklı gençlerle yaptıkları çalışmada, mobil cihaz olan iPad2'deki akselerometrenin, postüral stabiliteyi ölçmek için yeterli hassasiyet ve doğrulukta veriler sağladığını, uygulamanın biyomekanik analizlerin yerine geçemeyeceği ancak atletik antrenörler, doktorlar ve fizyoterapistler için daha geniş alanda kolay uygulama örneği olabileceğini bildirmiştir [112]. Statik dengeyi akselerometre ile değerlendiren başka bir çalışmada, akselerometre ile değerlendirilen statik denge sonuçlarının, diğer klinik denge değerlendirme testleri ve mobilite performans testleri ile yeterince yansıtılmadığı belirtilmiştir. Buradan yola çıkarak, geleneksel denge değerlendirme yöntemlerinin ince değişiklikleri tespit etmek için yetersiz olabileceği, statik denge değerlendirmelerinde bu tür teknolojinin dahil edilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır [113]. 2022 yılında yayınlanan Serebral palsili çocuklarda ayakta durma ve dinamik vücut dengesini ölçmek için akselerometre kullanımını araştıran bir sistematik derlemede, akselerometre denge değerlendirmesinde SP'li ve sağlıklı çocukları ayırtılabildiği ilaveten SP'nin alt tiplerini de ayırt edebilmiştir. SP'li çocuk ve ergenlerde dengenin değerlendirilmesi için geçerliliği desteklenmiş kalitatif denge değerlendirme ölçekleriyle korele olduğu bildirilmiştir [114].

Akselerometre çocuklarda denge değerlendirmesinde kullanılmasına rağmen henüz protokolleştirilmemiş ve standartlaştırılmamıştır. Bu metodun gelişimi ve farklı nörogelişimsel bozukluklardaki değişikliklerini araştırmak amacıyla, pediatrikte statik dengenin değerlendirilmesine yönelik sistematik bir yöntem tanımlamak için daha yüksek metodolojik kalitede daha fazla araştırmanın gerekli olduğu mevcut çalışmalarda vurgulanmıştır [111]. Bununla birlikte akselerometre kullanımı özel donanım, teknik uzmanlık ve yazılım gerektirmektedir. Ayrıca cihazın yanlış konumlandırılması, bazı çocukların kullanmayı kabul etmemesi, fiziksel aktivite sırasında rahatsızlık oluşturabileceği, verilerin analizinde ve yorumlanmasında teknik karmaşa oluşabilmesi cihazın dezavantajları arasında bildirilmektedir [111,115].

Statik dengeyi değerlendirmek için geliştirilen görüntü işleme yazılımında daha önce de belirtildiği gibi bireye doğrudan müdahalede bulunulmadığından çocuk için rahatsızlık

oluşturulabilecek bir durum oluşmamıştır. Bununla birlikte çocukta konumlandırılması gereken teknik cihaz ya da marker gerektirmediğinden yanlış veri toplama riski de ortadan kaldırılmıştır. Özel teknik cihazlara ihtiyaç olmadan, işlenecek video verilerinin cep telefonu kamerası ile kaydedilebilmesi ekstra mali yük oluşturmaması ve basit uygulama yöntemi olması açısından yöntemin avantajlarından biridir.

Teknolojik gelişmelerden faydalanarak pahalı, ağır ve çoklu kamera teknolojisine bağlı olmayan bir yazılım programı ile statik dengeyi değerlendirmeyi amaçladığımız çalışmamızda yeni ve geçerli bir yöntem elde edilmiştir. Literatürde ilk olma özelliği taşıyan çalışmamız ile fizyoterapi bilimine olduğu kadar mühendislik bilimine de önemli katkıları olduğu düşünülmektedir. Ayrıca fizyoterapi uygulamalarıyla mühendislik bilimleri uygulamalarının bir arada yürütüldüğü çalışmamızda, multidisipliner çalışma ekibinin bir örneği oluşturulmuştur. Belirtilen maddeler bu çalışmanın güçlü yanları olarak kabul edilebilir.

Çalışma kapsamında katılımcılara tekrar test uygulanmadığından görüntü işleme yazılım programının güvenilirliği analiz edilememiştir. Diğer yandan çalışmaya KMFSS I ve II seviyesindeki ambulator bireyler dahil edilmiş; III, IV ve V seviyesinde olan bireylerde yazılımın geçerliliği araştırılamamıştır. Söz konusu bu durumlar çalışmanın limitasyonu olarak belirlenmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Serebral palsili çocukların statik denge değerlendirmesinde görüntü işleme tekniği kullanılarak geliştirdiğimiz yeni bir yazılımın geçerliliğini araştırdığımız bu çalışmada; 5-15 yaş arası KMFSS'ye göre I-II seviyesinde 63 çocuk ve 20 sağlıklı çocuk dahil edildi. Statik ayakta durma denge verilerini elde etmek için 4 ayrı durumda kuvvet platformu üzerindeki bireylerin eş zamanlı olarak 30'ar saniyelik COP hareket kaydı ve video kaydı yapıldı. COP hareket verileri statik dengeye ait hareket parametrelerinin elde edilmesi için kullanılırken video kayıtları görüntü işleme yazılımında denge verilerinin elde edilmesi için kullanıldı. Yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki sonuç ve öneriler elde edildi.

- 1- Laboratuvar ortamı gerektirmeyen, ucuz, kolaylıkla kullanılabilen ve kantitatif veri sağlayan görüntü işleme yazılımının, SP'li çocukların statik dengesini değerlendirmek için kullanılabilecek bir yöntem olduğu gösterildi.
- 2- Geliştirilen yazılımın laboratuvar ortamı dışında da kullanılabilecek olmasıyla, SP'li çocuklarla çalışılan tüm ortamlarda objektif denge verilerine kolayca ulaşılabilmesi; değerlendirme, müdahale programı oluşturma ve takibinin daha iyi yapılabilmesine katkı sağlayabileceği düşünüldü.
- 3- Yazılımın güncellemelere açık şekilde uygulama olarak geliştirilebileceği sonucuna varıldı.
- 4- Bu çalışmada tekrar-test değerlendirmeleri yapılamadığından güvenilirlik analizini yapmak için yeni bir çalışma planlanabileceği göz önünde bulunduruldu.
- 5- KMFSS III, IV ve V seviyesindeki çocuklarda yazılımın geçerliliğinin değerlendirilmesi için yeni bir çalışma planı yapılması önerildi.
- 6- Yöntemin daha geniş ölçeklerde tahminleme gücünü incelemek ve başka hastalık gruplarında uygulanabilirliğini değerlendirmek için yeni çalışmaların yapılması önerildi.
- 7- Çalışmada statik denge verileri tahminlendi. Aynı yöntemle dinamik denge verilerinin değerlendirilmesini içeren çalışmaların planlanmasının yapılabilmesi önerildi.
- 8- Güncel müdahalelerin teknolojik gelişmeler ışığında ilerlemesi için fizyoterapi ve mühendislik alanlarında multi ve transdisipliner modellerle iş birliklerinin artırılması önerildi.



KAYNAKLAR

1. Alimi, E., Kalantari, M., Nazeri, A.R., and Baghban, A. A. (2019). Test-retest and inter-rater reliability of Persian version of Pediatric Balance Scale in children with spastic cerebral palsy. *Iranian Journal of Child Neurology*, 13(4), 163.
2. Ibrahim, M. (2015). Investigating the effect of therapeutic taping on trunk posture and control in cerebral palsy children with spastic diplegia. *Journal of Medical Science and Clinical Research*, 3(9), 7452-7459.
3. Cullen, K. E. (2012). The vestibular system: multimodal integration and encoding of self-motion for motor control. *Trends in Neurosciences*, 35(3), 185-196.
4. Cherng, R. J., Su, F. C., Chen, J., and Kuan, T.S. (1999). Performance of static standing balance in children with spastic diplegic cerebral palsy under altered sensory environments. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(4), 336-343.
5. Yi, S. H., Hwang, J. H., Kim, S. J., and Kwon, J. Y. (2012). Validity of pediatric balance scales in children with spastic cerebral palsy. *Neuropediatrics*, 43(6), 307-313.
6. Duarte, N. d. A., Grecco, L. A. C., Franco, R. C., Zanon, N., and Oliveira, C. S. (2014). Correlation between Pediatric Balance Scale and functional test in children with cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(6), 849-853.
7. Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M., and Aktürk, N. (2001). Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve arama modelleri yardımıyla veri hazırlama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1), 19-40.
8. Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., and Damiano, D. (2005). Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(8), 571-576.
9. Eunson, P. (2012). Aetiology and epidemiology of cerebral palsy. *Pediatrics and Child*, 22(9), 361-366.
10. Cans, C., Dolk, H., Platt, M. J., and Colver, A. (2007). Recommendations from the SCPE collaborative group for defining and classifying cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 35-38.
11. Oğuz, H., Dursun, E., and Dursun, N. (2004). *Tıbbi rehabilitasyon*. Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri, 15-22.
12. Aydın, R. (2009). Serebral palsi epidemiyolojisi. *Türkiye Klinikleri*, 2(2), 1-7.
13. Johnson, A. (2002). Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 44(9), 633-640.

14. Oskoui, M., Coutinho, F., Dykeman, J., Jette, N., and Pringsheim, T. (2013). An update on the prevalence of cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(6), 509-519.
15. MacLennan, A. (1999). A template for defining a causal relation between acute intrapartum events and cerebral palsy: international consensus statement. *British Medical Journal*, 319(7216), 1054-1059.
16. Odding, E., Roebroek, M. E., and Stam, H. J. (2006). The epidemiology of cerebral palsy: incidence, impairments and risk factors. *Disability and Rehabilitation*, 28(4), 183-191.
17. Serdaroğlu, A., Cansu, A., Özkan, S., and Tezcan, S. (2006). Prevalence of cerebral palsy in Turkish children between the ages of 2 and 16 years. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(6), 413-416.
18. Kabakuş, N., Açık, Y., Kurt, A., Özdiller, D. Ş., Kurt, A., and Aygün, A. D. (2005). Serebral palsili hastalarımızın demografik, etiyolojik ve klinik özellikleri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48(2), 125-129.
19. Msall, M. E. (2004). Developmental vulnerability and resilience in extremely preterm infants. *The Journal of the American Medical Association*, 292(19), 2399-2401.
20. Rosenbaum, P. (2006). The definition and classification of cerebral palsy: are we any further ahead in 2006? *NeoReviews*, 7(11), 569-574.
21. Cans, C. (2000). Surveillance of cerebral palsy in Europe: a collaboration of cerebral palsy surveys and registers. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 42(12), 816-824.
22. Morris, C. (2007). Definition and classification of cerebral palsy: a historical perspective. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 49, 3-7.
23. Pakula, A. T., Braun, K. V. N., and Yeargin-Allsopp, M. (2009). Cerebral palsy: classification and epidemiology. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, 20(3), 425-452.
24. Rosenbaum, P. L., Walter, S. D., Hanna, S. E., Palisano, R. J., Russell, D. J., Raina, P., Wood, E., Bartlett, D. J., and Galuppi, B. E. (2002). Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: creation of motor development curves. *The Journal of the American Medical Association*, 288(11), 1357-1363.
25. Rekand, T. (2010). Clinical assessment and management of spasticity: a review. *Acta Neurologica Scandinavica*, 122, 62-66.
26. Krigger, K. W. (2006). Cerebral palsy: an overview. *American family physician*, 73(1), 91-100.
27. Elbasan, B. (2017). *Pediatric Fizyoterapi ve Rehabilitasyon*. İstanbul: İstanbul Tıp Kitapevi, 89-120.

28. Charles, J., and Gordon, A. M. (2006). Development of hand–arm bimanual intensive training (HABIT) for improving bimanual coordination in children with hemiplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 48(11), 931-936.
29. Sankar, C., and Mundkur, N. (2005). Cerebral palsy definition, classification, etiology and early diagnosis. *The Indian Journal of Pediatrics*, 72, 865-868.
30. Padmakar, S., Kumar, K., and Parveen, S. (2018). Management and treatment for cerebral palsy in children. *Indian Journal of Pharmacy Practice*, 11(2), 104-109.
31. Miller, F. (2005). Etiology, epidemiology, pathology, and diagnosis. *Cerebral Palsy Management*, 17, 27-50.
32. Howle, J. M. (2002). *Neuro-developmental treatment approach: theoretical foundations and principles of clinical practice* Laguna Beach:NeuroDevelopmental Treatment,129-132.
33. Sendinç, B., Özgüzel, M., Güzelalan, A., and Konuralp, N. (2005). Serebral palsy: epidemiyoloji, klinik bulgular, sınıflandırma. *Hipokrat Lokomotor*, 33(6), 239-243.
34. Msall, M. E. (2014). Cerebral palsy: science and clinical practice. In Bernard Dan, Margaret Mayston, Nigel Paneth, & L. Rosenbloom (Eds.), *Developmental Medicine and Child Neurology* (pp. 682-684). Mac Keith Press: Wiley Online Library.
35. Lovell, W. W., Winter, R. B., Morrissy, R. T., and Weinstein, S. L. (2006). *Lovell and Winter's pediatric orthopaedics* (Sixth edition). Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins,551-556.
36. Gough, M., and Shortland, A. P. (2012). Could muscle deformity in children with spastic cerebral palsy be related to an impairment of muscle growth and altered adaptation? *Developmental Medicine and Child Neurology*, 54(6), 495-499.
37. Hägglund, G., Lauge-Pedersen, H., and Wagner, P. (2007). Characteristics of children with hip displacement in cerebral palsy. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8, 1-6.
38. Sanger, T. D., Chen, D., Delgado, M. R., Gaebler-Spira, D., Hallett, M., Mink, J. W., and Disorders, T. o. C. M. (2006). Definition and classification of negative motor signs in childhood. *Pediatrics*, 118(5), 2159-2167.
39. Cahill-Rowley, K., and Rose, J. (2014). Etiology of impaired selective motor control: emerging evidence and its implications for research and treatment in cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 56(6), 522-528.
40. Livanelioğlu, A., and Günel, M. (2009). *Serebral palside fizyoterapi* Ankara: Yeni Özbek Matbaası, 19-45.
41. Dewar, R., Love, S., and Johnston, L. M. (2015). Exercise interventions improve postural control in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 57(6), 504-520.

42. Kubilay, N. S., Yildirim, Y., Kara, B., and Harutoglu Akdur, H. (2011). Effect of balance training and posture exercises on functional level in mental retardation. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 22(2), 55-64.
43. Enoka, R. M. (2008). *Neuromechanics of human movement* USA: Human Kinetics, 3-9.
44. Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age and Ageing*, 35(2), 7-11.
45. Kim, G., Ferdjallah, M., and Harris, G. F. (2009). Fast computational analysis of sway area using center of pressure data in normal children and children with cerebral palsy. *American Journal of Biomedical Sciences*, 1(4), 364-372.
46. Prieto, T. E., Myklebust, J. B., and Myklebust, B. M. (1993). Characterization and modeling of postural steadiness in the elderly: a review. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transactions on Rehabilitation Engineering*, 1(1), 26-34.
47. Tekin, F., Kavlak, E., Cavlak, U., and Altug, F. (2018). Effectiveness of Neuro-Developmental Treatment (Bobath Concept) on postural control and balance in cerebral palsied children. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 31(2), 397-403.
48. Wallard, L., Dietrich, G., Kerlirzin, Y., and Bredin, J. (2014). Balance control in gait children with cerebral palsy. *Gait and Posture*, 40(1), 43-47.
49. Domagalska-Szopa, M., and Szopa, A. (2017). Postural orientation and standing postural alignment in ambulant children with bilateral cerebral palsy. *Clinical Biomechanics*, 49, 22-27.
50. Riquelme, I., Zamorano, A., and Montoya, P. (2013). Reduction of pain sensitivity after somatosensory therapy in adults with cerebral palsy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 276.
51. Pavão, S. L., and Rocha, N. A. C. F. (2017). Sensory processing disorders in children with cerebral palsy. *Infant Behavior and Development*, 46, 1-6.
52. Striber, N., Vulin, K., Đaković, I., Prvčić, I., Đuranović, V., Cerovski, B., Pejić Roško, S., Čokolić Petrović, D., Martinec, S., and Dawidowsky, B. (2019). Visual impairment in children with cerebral palsy: Croatian population based study for birth years 2003-2008. *Croatian Medical Journal*, 60(5), 414-420.
53. Ghai, S., Hakim, M., Dannenbaum, E., and Lamontagne, A. (2019). Prevalence of vestibular dysfunction in children with neurological disabilities: a systematic review. *Frontiers in Neurology*, 10, 1294.
54. Mancini, M., and Horak, F. B. (2010). The relevance of clinical balance assessment tools to differentiate balance deficits. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 46(2), 239.
55. Ocak, E., and Baydan, M. (2020). *Vertigoya güncel yaklaşım: Tanıdan tedaviye*. (Birinci baskı) Ankara: Türkiye klinikleri, 83-88.

56. Arnold, B. L., and Schmitz, R. J. (1998). Examination of balance measures produced by the biodex stability system. *Journal of Athletic Training*, 33(4), 323.
57. Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B., and Krause, B. A. (2002). Center of pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(1), 51-66.
58. Jähne, B. (2005). *Digital image processing*: Springer Science & Business Media, 18-21.
59. Samtaş, G., and Gülesin, M. (2011). Sayısal görüntü işleme ve farklı alanlardaki uygulamaları. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2(1), 85-97.
60. Dougherty, G. (2009). *Digital image processing for medical applications* New York: Cambridge University Press, 123-132.
61. Peker, M. (2009). *Görüntü işleme tekniği kullanılarak gerçek zamanlı hareketli görüntü tanıma*. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 15.
62. Marcroft, C., Khan, A., Embleton, N. D., Trenell, M., and Plötz, T. (2015). Movement recognition technology as a method of assessing spontaneous general movements in high risk infants. *Frontiers in Neurology*, 5, 284.
63. Adde, L., Helbostad, J. L., Jensenius, A. R., Taraldsen, G., and Støen, R. (2009). Using computer-based video analysis in the study of fidgety movements. *Early Human Development*, 85(9), 541-547.
64. Hesse, N., Bodensteiner, C., Arens, M., Hofmann, U. G., Weinberger, R., and Sebastian Schroeder, A. (2018). *Computer vision for medical infant motion analysis: State of the art and rgb-d data set*. Paper presented at the Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV) Workshops, 0-5.
65. Oral, M., and Deniz, U. (2005). *Motion detection in moving pictures*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE 13th Signal Processing and Communications Applications Conference, 187-190.
66. Dusing, S. C., Kyvelidou, A., Mercer, V. S., and Stergiou, N. (2009). Infants born preterm exhibit different patterns of center-of-pressure movement than infants born at full term. *Physical therapy*, 89(12), 1354-1362.
67. Zakeri, L., Jamebozorgi, A. A., and Kahlaee, A. H. (2017). Correlation between center of pressure measures driven from wii balance board and force platform. *Asian Journal of Sports Medicine*, 8(3), 1-8.
68. Vaughan, C. (1999). *Kistler force plate formulae*. New York: Kistler 5-75.
69. Salavati, M., Hadian, M. R., Mazaheri, M., Negahban, H., Ebrahimi, I., Talebian, S., Jafari, A. H., Sanjari, M. A., Sohani, S. M., and Parnianpour, M. (2009). Test-retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait and Posture*, 29(3), 460-464.

70. Bickley, C., Linton, J., Sullivan, E., Mitchell, K., Slota, G., and Barnes, D. (2019). Comparison of simultaneous static standing balance data on a pressure mat and force plate in typical children and in children with cerebral palsy. *Gait and Posture*, 67, 91-98.
71. Singla, N. (2014). Motion detection based on frame difference method. *International Journal of Information and Computation Technology*, 4(15), 1559-1565.
72. İnternet: Görüntü işleme programı kodu. (2023). *Cerebral palsy video*. Web: https://github.com/onderplt/cerebral_palsy_video_process, adresinden 23 Temmuz 2023'de alınmıştır.
73. Barton, B., and Peat, J. (2014). *Medical statistics: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal*, United Kingdom: John Wiley & Sons, 113-140.
74. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. New York: Academic Press, 102.
75. Liao, H.-F., Mao, P.-J., and Hwang, A.-W. (2001). Test-retest reliability of balance tests in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 43(3), 180-186.
76. Hsue, B.-J., Miller, F., and Su, F.-C. (2009). The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait. Part I: Spatial relationship between COM and COP trajectories. *Gait and Posture*, 29(3), 465-470.
77. Saether, R., Helbostad, J. L., Riphagen, I. I., and Vik, T. (2013). Clinical tools to assess balance in children and adults with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55(11), 988-999.
78. Dewar, R., Claus, A., Tucker, K., Ware, R., and Johnston, L. (2017). Reproducibility of the Balance Evaluation Systems Test (BESTest) and the Mini-BESTest in school-aged children. *Gait and Posture*, 55, 68-74.
79. Pavão, S. L., dos Santos, A. N., Woollacott, M. H., and Rocha, N. A. C. F. (2013). Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review. *Research in Developmental Disabilities*, 34(5), 1367-1375.
80. Dobson, F., Morris, M. E., Baker, R., and Graham, H. K. (2007). Gait classification in children with cerebral palsy: a systematic review. *Gait and Posture*, 25(1), 140-152.
81. Calley, A., Williams, S., Reid, S., Blair, E., Valentine, J., Girdler, S., and Elliott, C. (2012). A comparison of activity, participation and quality of life in children with and without spastic diplegia cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 34(15), 1306-1310.
82. Hsue, B.-J., Miller, F., and Su, F.-C. (2009). The dynamic balance of the children with cerebral palsy and typical developing during gait: Part II: Instantaneous velocity and acceleration of COM and COP and their relationship. *Gait and Posture*, 29(3), 471-476.

83. Schragger, M. A., Kelly, V. E., Price, R., Ferrucci, L., and Shumway-Cook, A. (2008). The effects of age on medio-lateral stability during normal and narrow base walking. *Gait and Posture*, 28(3), 466-471.
84. Woollacott, M. H., Burtner, P., Jensen, J., Jasiewicz, J., Roncesvalles, N., and Sveistrup, H. (1998). Development of postural responses during standing in healthy children and children with spastic diplegia. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 22(4), 583-589.
85. Saxena, S., Rao, B. K., and Kumaran, S. (2014). Analysis of postural stability in children with cerebral palsy and children with typical development: an observational study. *Pediatric Physical Therapy*, 26(3), 325-330.
86. Kenis-Coskun, O., Giray, E., Eren, B., Ozkok, O., and Karadag-Saygi, E. (2016). Evaluation of postural stability in children with hemiplegic cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(5), 1398-1402.
87. Leirvik, M. J. (2017). *Validity of computer-based video analysis for the assessment of postural control in individuals with cerebral palsy*. Master's Thesis, Norwegian University of Science and Technology Faculty of Medicine, Norway, 23-47.
88. Romeo, L., Marani, R., Lorusso, N., Angelillo, M. T., and Cicirelli, G. (2020). *Vision-based assessment of balance control in elderly people*. Paper presented at the Institute of Electrical and Electronics Engineers International Symposium on Medical Measurements and Applications, 1-6.
89. Allin, S. J., Beach, C., Mitz, A., and Mihailidis, A. (2008). *Video based analysis of standing balance in a community center*. Paper presented at the 2008 30th Annual International Conference of the Institute of Electrical and Electronics Engineers Engineering in Medicine and Biology Society, 4531-4534.
90. Li, B., Williamson, J., Kelp, N., Dick, T., and Bo, A. P. (2021). *Towards balance assessment using Openpose*. Paper presented at the 43rd Annual International Conference of the Institute of Electrical and Electronics Engineers Engineering in Medicine and Biology Society, 7605-7608.
91. Her, J.-G., Woo, J.-H., and Ko, J. (2012). Reliability of the pediatric balance scale in the assessment of the children with cerebral palsy. *Journal of Physical Therapy Science*, 24(4), 301-305.
92. Williams, E. N., Carroll, S. G., Reddihough, D. S., Phillips, B. A., and Galea, M. P. (2005). Investigation of the timed 'up & go' test in children. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 47(8), 518-524.
93. Norris, R. A., Wilder, E., and Norton, J. (2008). The functional reach test in 3 to 5 year old children without disabilities. *Pediatric Physical Therapy*, 20(1), 47-52.
94. Dewar, R., Claus, A. P., Tucker, K., Ware, R. S., and Johnston, L. M. (2019). Reproducibility of the Kids-BESTest and the Kids-Mini-BESTest for children with cerebral palsy. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 100(4), 695-702.

95. Kembhavi, G., Darrah, J., Magill-Evans, J., and Loomis, J. (2002). Using the berg balance scale to distinguish balance abilities in children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy*, 14(2), 92-99.
96. Kim, D.-H., An, D.-H., and Yoo, W.-G. (2018). Changes in trunk sway and impairment during sitting and standing in children with cerebral palsy. *Technology and Health Care*, 26(5), 761-768.
97. Shim, D., Park, D., Yoo, B., Choi, J.-o., Hong, J., Choi, T. Y., Park, E. S., and Rha, D.-w. (2022). Evaluation of sitting and standing postural balance in cerebral palsy by center-of-pressure measurement using force plates: comparison with clinical measurements. *Gait and Posture*, 92, 110-115.
98. Lazzari, R. D., Politti, F., Belina, S. F., Collange Grecco, L. A., Santos, C. A., Dumont, A. J. L., Lopes, J. B. P., Cimolin, V., Galli, M., and Santos Oliveira, C. (2017). Effect of transcranial direct current stimulation combined with virtual reality training on balance in children with cerebral palsy: a randomized, controlled, double-blind, clinical trial. *Journal of Motor Behavior*, 49(3), 329-336.
99. Pasini Neto, H., Grecco, L. A. C., Christovão, T. C., Braun, L. A., Giannasi, L. C., Salgado, A. S. I., de Moura, R. C. F., de Carvalho, P. d. T. C., Corrêa, J. C., and Sampaio, L. M. (2012). Effect of posture control insoles on function in children with cerebral palsy: Randomized controlled clinical trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13, 1-6.
100. Clark, R. A., Mentiplay, B. F., Pua, Y.-H., and Bower, K. J. (2018). Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance: A systematic review. *Gait and Posture*, 61, 40-54.
101. Brenière, Y., and Bril, B. (1998). Development of postural control of gravity forces in children during the first 5 years of walking. *Experimental Brain Research*, 121, 255-262.
102. Inojosa, H., Schriefer, D., Klödtz, A., Trentzsch, K., and Ziemssen, T. (2020). Balance testing in multiple sclerosis improving neurological assessment with static posturography? *Frontiers in Neurology*, 11, 135.
103. Bourelle, S., Berge, B., Gautheron, V., and Cottalorda, J. (2010). Computerized static posturographic assessment after treatment of equinus deformity in children with cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*, 19(3), 211-220.
104. Sebastia-Amat, S., Tortosa-Martínez, J., and Pueo, B. (2023). The use of the static posturography to assess balance performance in a Parkinson's disease population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(2), 981.
105. Ickenstein, G. W., Ambach, H., Klödtz, A., Koch, H., Isenmann, S., Reichmann, H., and Ziemssen, T. (2012). Static posturography in aging and Parkinson's disease. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 4, 20.
106. Citaker, S., Kaya, D., Yuksel, I., Yosmaoglu, B., Nyland, J., Atay, O. A., and Doral, M. N. (2011). Static balance in patients with patellofemoral pain syndrome. *Sports Health*, 3(6), 524-527.

107. Allahverdipour, H., Dianat, I., Mameh, G., and Asghari Jafarabadi, M. (2021). Effects of cognitive and physical loads on dynamic and static balance performance of healthy older adults under single-, dual-, and multi-task conditions. *Human Factors*, 63(7), 1133-1140.
108. Brouwer, R., Kal, E., van der Kamp, J., and Houdijk, H. (2019). Validation of the stabilometer balance test: bridging the gap between clinical and research based balance control assessments for stroke patients. *Gait and Posture*, 67, 77-84.
109. Heebner, N. R., Akins, J. S., Lephart, S. M., and Sell, T. C. (2015). Reliability and validity of an accelerometry based measure of static and dynamic postural stability in healthy and active individuals. *Gait and Posture*, 41(2), 535-539.
110. Moe-Nilssen, R., and Helbostad, J. L. (2002). Trunk accelerometry as a measure of balance control during quiet standing. *Gait and Posture*, 16(1), 60-68.
111. García-Soidán, J. L., Leirós-Rodríguez, R., Romo-Pérez, V., and García-Liñeira, J. (2020). Accelerometric assessment of postural balance in children: A systematic review. *Diagnostics*, 11(1), 8.
112. Alberts, J. L., Hirsch, J. R., Koop, M. M., Schindler, D. D., Kana, D. E., Linder, S. M., Campbell, S., and Thota, A. K. (2015). Using accelerometer and gyroscopic measures to quantify postural stability. *Journal of Athletic Training*, 50(6), 578-588.
113. Pilotto, A., Rizzetti, M. C., Lombardi, A., Hansen, C., Biggi, M., Verzeroli, G., Martinelli, A., Romijnders, R., Borroni, B., and Maetzler, W. (2021). Cerebellar rTMS in PSP: a double-blind sham-controlled study using mobile health technology. *The Cerebellum*, 20, 662-666.
114. Valenciano, P. J., Conceicao, N. R., Marcori, A. J., and Teixeira, L. A. (2022). Use of accelerometry to investigate standing and dynamic body balance in people with cerebral palsy: A systematic review. *Gait and Posture*.
115. Can, S. (2019). Fiziksel aktivite ölçümü: objektif ve sübjektif yöntemler. *Spor Hekimliği Dergisi*, 54(4), 296-307.





EKLER

EK-1. İzinler

Evrak Tarih ve Sayısı: 20.04.2022-E.344231



T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Etik Komisyonu

Sayı : E-77082166-302.08.01-344231
Konu : Bilimsel ve Eğitim Amaçlı

20.04.2022

Sayın Prof. Dr. Bülent ELBASAN
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Başkanlığı - Öğretim Üyesi

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı **Doktora Öğrencisi Zekiye BAŞARAN'ın, Prof.Dr.Bülent ELBASAN'ın** danışmanlığında yürüttüğü **“Serebral Palsili Çocukların Denge Değerlendirmesinde Yeni Bir Yöntem: Görüntü İşleme Tekniği”** adlı tez çalışması ile ilgili konu Komisyonumuzun **19.04.2022** tarih ve **08** sayılı toplantısında görüşülmüş olup,

İlgilinin çalışmasının, yapılması planlanan yerlerden izin alınması koşuluyla yapılmasında etik açıdan bir sakınca bulunmadığına oybirliği ile karar verilmiş ve karara ilişkin imza listesi ekte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Araştırma Kod No: 2022 - 506

Prof. Dr. İsmail KARAKAYA
Komisyon Başkanı

Ek:1 Liste
DAĞITIM
Gereği:
Sayın Prof. Dr. Bülent ELBASAN

Bilgi:
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

EK-1. (devam) İzinler

Evrak Tarih ve Sayısı: 20.04.2022-E.344231

GAZİ ÜNİVERSİTESİ ETİK KOMİSYONU KATILIM LİSTESİ	
TOPLANTI TARİHİ : 19/04/2022	TOPLANTI SAYISI : 08
ADI – SOYADI	İMZA
Prof. Dr. İsmail KARAKAYA BAŞKAN	
Prof.Dr.Kemal ÖZTEMEL BAŞKAN YRD.	
Prof.Dr.C.Haluk BODUR	
Prof.Dr.Seçil ÖZKAN	
Prof.Dr.Cevriye TEMEL GENCER	
Prof.Dr.İsmet YÜKSEL	
Prof.Dr.Aymelek GÖNENÇ	
Prof.Dr.Gülşah BAYRAMOĞLU	
Prof.Dr.Makbule GEZMEN KARADAĞ	
Prof.Dr.Zehra GÖÇMEN BAYKARA	
Prof.Dr.İlyas OKUR	
Doç.Dr.Nihan KAFA	
Doç.Dr.Melek Gülşah ŞAHİN	

Bu belge,güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BAŞARAN, Zekiye
Uyruğu : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı	Devam ediyor
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı	2016
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü	2009
Lise	Yeşilöz Süper Lisesi	2005

İş Deneyimi

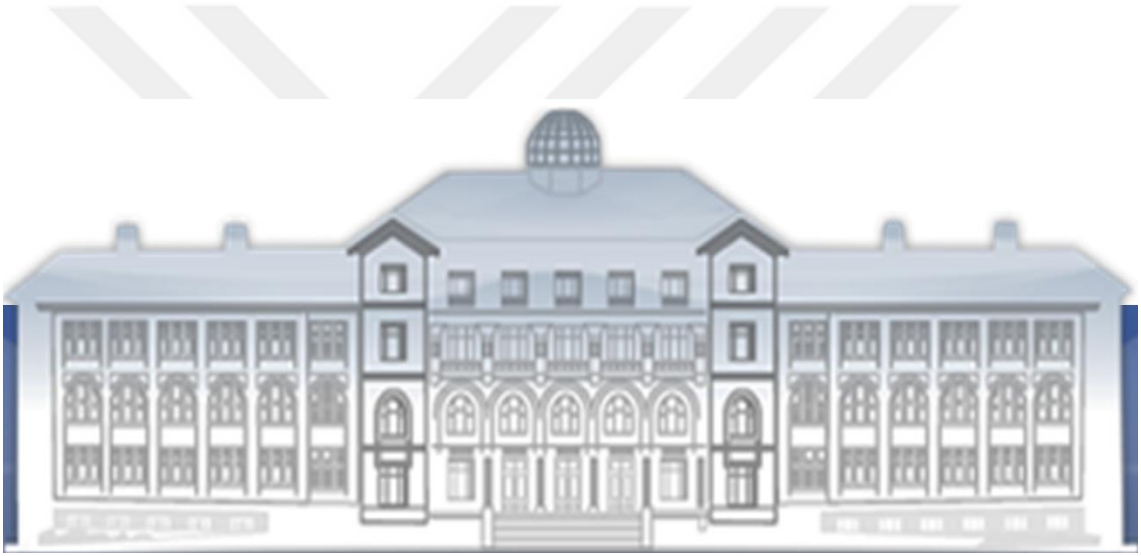
Yıl	Çalıştığı Yer	Görev
2019-	Gazi Üniversitesi	100/2000 YÖK Doktora Bursiyeri
2010-2013	Özel Bir Yaklaşım Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi	Fizyoterapist
2009-2010	Özel Bilinç Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi	Fizyoterapist

Yabancı Dili

İngilizce

Yayınlar

1. Erturan, S., Başaran, Z. ve Elbasan, B. (2021). Türkiye’de özel eğitim ve rehabilitasyon merkezlerinde çalışan fizyoterapistlerin tükenmişlik düzeylerinin incelenmesi. *Milli Eğitim Özel Eğitim ve Rehberlik Dergisi*, 1 (2), 1-30.



GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..

