

**T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI**

**HİPERKİFOZA SAHİP BİREYLERDE SAGİTTAL
SPİNOPELVİK DİZİLİMİN DENGİ VE AYAK PLANTAR
BASINÇ DAĞILIMINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

DR. HAKAN CİCİ

UZMANLIK TEZİ

İZMİR-2016

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ
ANABİLİM DALI

HİPERKİFOZA SAHİP BİREYLERDE SAGİTTAL
SPİNOPELVİK DİZİLİMİN DENGİ VE AYAK PLANTAR
BASINÇ DAĞILIMINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

DR. HAKAN CİCİ

UZMANLIK TEZİ

Danışman Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Ömer AKÇALI

İÇİNDEKİLER

1.ÖZET	1
1.ABSTRACT	3
2.GİRİŞ VE AMAÇ	5
3.GENEL BİLGİLER	7
3.1) Postür Kavramı	7
3.2) Sagittal Omurga Dizilimi:	7
3.2.1) Üç Boyutlu Omurga Dizilimi ve Önemi:	7
3.2.2) Sagittal Omurga Diziliminin Değerlendirilmesi:	11
3.2.3) Sagittal Omurga İmbalansı ve Kompensatuar Mekanizmalar:.....	16
3.3) Torakal Hiperkifoz:.....	18
3.3.1) Yuvarlak Sırt Deformitesi	20
3.3.2) Scheuermann Kifoz:.....	20
3.3.3) İlerleyici Non-infeksiyöz Anterior Füzyon:.....	27
3.3.4) Postlaminektomi Kifozu:	28
3.3.5) Postradyasyon Kifozu:	29
3.3.6) Hiperkifozun Çeşitli Sebepleri:.....	29
3.4) Denge ve Postural Kontrol:.....	30
3.5) Plantar Basınç Ölçümü:.....	33
4.GEREÇ VE YÖNTEMLER:	35
4.1) Araştırmanın Türü:.....	35
4.2) Araştırmanın Yeri:	35
4.3)Araştırmanın Evreni ve Örneklemi:.....	35
4.4)Araştırmanın Değişkenleri:	36
4.5) İstatistik Analizlerin Tanımlanması:	36
4.6) Veri Toplama Araçları:	36
4.6.1) Radyolojik Değerlendirme:.....	37
4.6.2) Statik Denge ve Postural Kontrolün Değerlendirilmesi:.....	39
4.6.3) Plantar Basınç Değerlendirmesi:.....	42
5. BULGULAR:	44
6. TARTIŞMA:	53
7. SONUÇ VE ÖNERİLER:	61
8. KAYNAKLAR	62
9. EKLER	66

TABLO LİSTESİ:

Tablo 1: Winter ve Hall'ın Torakal Hiperkifoz Sınıflaması

Tablo 2: Grupların demografik verilerinin karşılaştırılması

Tablo 3: Grupların sagittal spinopelvik verilerinin karşılaştırılması

Tablo 4: TK açısının diğer spinopelvik dizilim değerleri ile korelasyonu

Tablo 5: Olguların CoG (yerçekimi merkezi) izdüşümlerinin gruplara göre dağılımı

Tablo 6: Gruplar arası pedobarografik maksimum kuvvet, kuvvet zaman integrali ve tepe basıncı verilerinin karşılaştırılması

Tablo 7: Gruplar arası pedobarografik basınç-zaman integrali, temas alanı ve temas zamanı verilerinin karşılaştırılması

Tablo 8: Normal ve hiperkifoz gruplarının stabilite limitleri testine ait, reaksiyon zamanı ve hareket hızı sonuçlarının karşılaştırılması

Tablo 9: Normal ve hiperkifoz gruplarının stabilite limitleri testine ait, ulaşılan maksimum nokta, ulaşılan maksimum uzaklık ve hareket kontrolü sonuçlarının karşılaştırılması

SEKİL LİSTESİ:

Şekil 1: İnsan vücudunda 3 boyutlu düzlem

Şekil 2: Omurga sagittal planı

Şekil 3: Omurganın sagittal düzlemde kronolojik değişimi

Şekil 4: Ekonomi konisi

Şekil 5: Koordinat Sistemi Sınıflaması

Şekil 6: Torakal kifoz açısı, lomber lordoz açısı ve C7 yük hattı

Şekil 7: Sagittal pelvik parametreler

Şekil 8: Sagittal omurga imbalansı çeşitleri ve kompensatuar mekanizmalar

Şekil 9: Gruplarda cinsiyet dağılımları

Şekil 10: Hiperkifoz grubunun etyolojik dağılımı

RESİM LİSTESİ:

- Resim 1:** Yuvarlak sırt deformitesinin radyolojik görünümü
- Resim 2:** Adams' ın öne eğilme testinde keskin açılı kifotik apeks görünümü
- Resim 3:** Scheuermann Kifozunun Radyolojik Görünümü
- Resim 4:** Torakolomber Scheuermann kifoz hastası ve bu hastanın radyolojik görünümü
- Resim 5:** Farklı SK hastalarında Milwaukee korse uygulamaları
- Resim 6:** Lateral omurga röntgenogramlarında farklı hasta pozisyonları
- Resim 7:** İlerleyici non-infeksiyöz anterior vertebral füzyon tanılı 1 yaşındaki olguya ait radyolojik görünüm
- Resim 8:** CoG' nin destek yüzeyinde tutulmasında ayak bileği, kalça ve kombine stratejiler
- Resim 9:** Plantar bölgenin maskelemesi
- Resim 10:** Pedobarografi görsel analiz çıktısı
- Resim 11:** Örnek olguya ait radyolojik değerlendirme
- Resim 12:** Balance Master Denge ve Performans Cihazında Statik Denge Değerlendirilmesi
- Resim 13:** Stabilite limitleri testininin uygulama görüntüsü
- Resim 14:** Postural kontrol ve stabilite limitleri testi çıktısı
- Resim 15:** Pedobarografi uygulaması
- Resim 16:** Hiperkifoz ve kontrol gruplarındaki olgulara ait stabilite limitleri test diagramı

KISALTMALAR:

SVA: Sagittal vertikal aks

C7: 7. servikal omurga

T4: 4. torakal omurga

L5: 5. lomber omurga

S1: 1. sakral omurga

TK: Torakal kifoz

LL: Lomber lordoz

PI: Pelvik insidans

PT: Pelvik tilt

SE: Sakral eğim

SK: Scheuermann Kifoz

CoM: Vücut kütle merkezi

CoG: Yerçekimi merkezi

CoP: Basınç merkezi

VKI: Vücut kitle indeksi

LOS: Stabilite limitleri

DCL: Hareket kontrolü

MVL: Hareket hızı

MXE: Ulaşılan maksimum uzaklık

EPE: Ulaşılan maksimum nokta

RT: Reaksiyon zamanı

BP: Baş parmak

MB: Metatars başı

ÖNSÖZ

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı'nda devam eden uzmanlık eğitimimde katkılarından dolayı; Prof. Dr. Emin ALICI, Prof. Dr. Osman KARAOĞLAN, Prof. Dr. Halit PINAR, Prof. Dr. İzge GÜNAL, Prof. Dr. Hasan TATARİ, Prof. Dr. Haluk BERK, Prof. Dr. Vasfi KARATOSUN, Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN, Prof. Dr. Can KOŞAY, Prof. Dr. Kadir BACAĞOĞLU, Doç. Dr. Mehmet ERDURAN, Doç. Dr. Onur HAPA, Yrd. Doç. Dr. Ahmet KARAKAŞLI, Yrd. Doç. Dr. Safa SATOĞLU ve Uzm. Dr. Onur BAŞÇI'ya çok teşekkür ederim. Tezimin hazırlanmasında değerli bilgi ve deneyimleriyle bana her konuda yardımcı olan tez danışmanım Prof. Dr. Ömer AKÇALI'ya çok teşekkür ederim. Anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Hasan HAVİTÇİOĞLU'na eğitim ve öğretim hayatımdaki önemli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim. Tezimin her aşamasında değerli bilgilerini benimle paylaşan Doç. Dr. İbrahim Engin ŞİMŞEK'e çok teşekkür ederim. Denge ve plantar basınç ölçümlerinde yardımlarından dolayı Uzm. Fzt. Ata ELVAN'a çok teşekkür ederim. Beş yıl boyunca birlikte çalıştığım tüm servis ve ameliyathane hemşire ve personellerine teşekkür ederim. Birlikte çalışmaktan çok memnun olduğum tüm eski ve yeni asistan arkadaşlarıma sevgi ve teşekkürlerimle. Bugünlere gelmemi sağlayan ve desteklerini hep hissettiğim anneme, babama, ağabeyime ve asistanlık hayatımın ilk yıllarından itibaren yanımda olan ve çizimleriyle tezime de yardımcı olan eşime çok teşekkür ederim. Bir tanecik oğlum Ali'nin gözlerinden öpüyorum.

Hakan CİCİ

1.ÖZET

HİPERKİFOZA SAHİP BİREYLERDE SAGİTTAL SPİNOPELVİK DİZİLİMİN DENGE VE PLANTAR BASINÇ DAĞILIMINA ETKİSİ

Dr. Hakan Cici,

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi

Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

İzmir, Türkiye

Amaç: Bu çalışmanın amacı: hiperkifotik adölesan ve genç erişkin bireylerde, değişen sagittal spinopelvik dizilime bağlı olarak, denge ve plantar basınç dağılım farklılıklarını incelemektir.

Yöntem: Çalışmada; hiperkifoz grubunda ortalama yaşları 18,75 (13-32) olan 12 olgu ile kontrol grubunda ortalama yaşları 19.75 (14-29) olan 12 olgu olmak üzere, toplamda 24 olgu değerlendirmeye alındı. Olgularda sagittal spinopelvik dizilimi değerlendirmek için ayakta çekilmiş lateral röntgenogramlarda Cobb yöntemi ile torakal kifoz (TK), lomber lordoz (LL), pelvik insidans (PI), pelvik tilt (PT) ve C7 yük hattının sakrum posterosüperior uzaklığı ölçüldü. Olguların statik/dinamik denge değerlendirmeleri ve yerçekimi merkezi (CoG) izdüşümleri, Balance Master denge ve performans cihazıyla, dinamik plantar basınç dağılımları ise EMED pedobarografi cihazıyla kayıt altına alındı.

Bulgular: Torakal kifoz açıları ile lomber lordoz açıları arasında pozitif korelasyon saptandı. ($r=0.573$, $p=0.03$) Yerçekimi merkezleri hizaları açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı. Statik denge değerlendirmesi açısından, gruplar arasında postural salınım hızlarında anlamlı fark görülmedi. ($p>0.05$) Dinamik denge değerlendirmesi amacıyla uygulanan stabilite limitleri testinde (LOS), hiperkifoz grubundaki olguların ulaşılan maksimum nokta değerleri anlamlı olarak yüksek bulundu. ($p=0.019$) Dinamik pedobarografik değerlendirmede plantar basınç dağılımları açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmadı. ($p>0.05$)

Sonuç: Hiperkifoza sahip bireylerde, statik duruş postural kontrolü iyi sağlanabilirken, özellikle öne eğilme gerektiren günlük aktivitelerde dinamik denge daha kontrolsüz

sağlanabilir. Bu hastalarda torakal hiperkifoza cevaben omurga ve alt ekstremiter düzeyinde geliŒen kompensatuar mekanizmalar, ne eğilmedeki bozulmanın yanında hem vücut ağırlığı yerçekimi izdŒmnn hem de plantar basınç dağılımlarının normal sınırlarda kalmasını sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: Hiperkifoz, denge, sagittal dizilim, plantar basınç



1.ABSTRACT

THE EFFECT OF SAGITTAL SPINOPELVIC ALIGNMENT ON BALANCE AND PLANTAR PRESSURE DISTRIBUTION IN HYPERKYPHOTIC INDIVIDUALS

Hakan Cici, MD

Dokuz Eylul University, School of Medicine

Department of Orthopedics and Traumatology

Izmir, Turkey

Objective: The aim of this study is to evaluate the balance and plantar pressure distribution differences in hyperkyphotic adolescents and young adult individuals, depending on difference of sagittal spinopelvic alignment.

Method: The study population consisted of 24 cases as the average age of 12 of them is 18,75 (13-32) in hyperkyphosis group, and the average age of 12 of them is 19.75 (14-29) in control group. Thoracic kyphosis (TK) angle, lumbar lordosis (LL) angle, pelvic incidence (PI) angle, pelvic tilt (PT) angle and and sagittal vertical axis from C7 plumb line were measured on whole spine X-rays in a standing position, to evaluate spinopelvic alignment. Static/dynamic balance evaluation and centre of gravity (CoG) projections of individuals recorded by Balance Master stability and performance device and dynamic plantar pressure distributions were recorded by EMED pedobarography device.

Results: Positive correlation was determined between TK angles and LL angles ($r=0.573$, $p=0.03$). No significant difference was found in CoG projection and mean sway velocity among groups ($p>0.05$). There were statistically significant differences in end point excursion values between groups in terms of dynamic balance measurement ($p=0.019$). The dynamic pedobarographic measurements did not reveal any intergroup difference ($p>0.05$).

Conclusion: Dynamic balance may be deteriorated especially in daily activities requiring forward reaching while static standing postural control is well maintained in hyperkphotic adolescent and young individuals. In spite of impaired forward reaching, compensatory mechanisms developing on the levels of spine and lower extremities may be effective to

remain normal gravity projections and plantar pressure distributions as a response of thoracic hyperkyphosis in these patients.

Key Words: Hyperkyphosis, balance, sagittal alignment, plantar pressure



2.GİRİŞ VE AMAC

Sagittal dizilim bozukluğunun en önemli sebebi olan hiperkifoz, daha çok adölesan ve genç erişkin popülasyonda görülen ve torakal kifoz açısının artması sonucu ortaya çıkan klinik tablodur. Klinikte en sık yuvarlak sırt deformitesi ve Scheuermann hastalığına bağlı ortaya çıkan hiperkifozun iyi bir anamnez ve fizik muayene ile saptanabilen diğer nedenleri arasında travma, infeksiyon, laminektomi, radyasyon alımı, metabolik hastalıklar ve iskelet displazileri sayılabilir.

Sagittal spinopelvik dizilim, ayakta dik durma sırasında enerji verimliliği ve dengenin devamı için önem arz etmektedir. Dizilimi sağlayan bileşenlerin en önemli kısmı olan omurga vertikal yükün aktarılması, hareketin sürdürülmesi ve omuriliğin korunması olan temel görevlerini sağlamak üzere sagittal planda servikal, torakal, lomber ve sakral seviyelerdeki uygun eğimleri oluşturmaktadır. Sagittal spinopelvik dizilim lateral röntgenogramlarda ölçülen torakal kifoz, lomber lordoz, pelvik insidans, pelvik tilt ve sagittal vertikal aksın horizontal uzaklık ölçümleri ile değerlendirilmektedir. Bu dizilimin herhangi bir seviyesinde meydana gelebilecek bozulmalar, omurga, pelvis ve alt ekstremiteler düzeyinde ortaya çıkan kompensatuar mekanizmalar ile telafi edilmeye çalışılarak, yer çekimi merkezinin uygun yere düşmesi ve dik postür ile dengenin yeniden kurulması sağlanabilir. Ancak hiperkifoza sahip adölesan ve genç erişkin bireylere ait yer çekimi merkezinin yerleşimi ve bu yerleşimin radyolojik parametreler ile ilişkisi literatürde tanımlanmamıştır.

Denge, vücudun ağırlık merkezini ve yer çekimi merkezini (CoG), destek noktası üzerinde tutabilme yeteneğidir. Beyin ve kas iskelet sistemi arasında devre işlevi gören bir motor beceri olarak tanımlanan postural kontrol, denge fonksiyonunun devamlılığını sağlamaktadır. Yürüme ve ayakta durma gibi günlük aktivitelerin en uygun performansla yerine getirilebilmesi için denge ve postural kontrol şarttır. Omurgada koronal ve sagittal plan deformiteleriyle kendini gösteren ortopedik rahatsızlıkların denge ve postural kontrol sorunları ile olan ilişkisi sınırlı sayıda çalışma ile araştırılmaya çalışılmıştır.

Ayak plantar basınç dağılımları, yürüme sırasındaki yer tepki kuvvetlerinin, pedobarografi cihazı yardımıyla oldukça hassas bir şekilde ve noktasal olarak ölçülmesiyle

elde edilir. Pedobrografik ölçümün ortopedik uygulamadaki alanları öncelikle ayak deformiteleri ve diyabetik ayak olmakla birlikte son yıllarda alt ekstremitte ve omurga dizilimini ilgilendiren ortopedik rahatsızlıkların ayak plantar basınç dağılımına etkisini inceleyen araştırmalar artış göstermektedir.

Postürün genel anlamda dengeyi etkilediği bilinmektedir. Literatürde adölesan idiopatik skolyoz, ankilozan spondilit, spondilolistezis gibi postür bozukluğuna yol açan omurga hastalıklarının denge ve ayak plantar basınç dağılımları ile ilişkisini inceleyen çalışmalar mevcut olmakla birlikte adölesan ve genç erişkin popülasyonda sagittal plan deformitesinin en sık sebebi olan hiperkifozun, denge ve plantar basınç dağılımları ile ilişkisini inceleyen çalışma bulunmamaktadır.

Araştırmanın amacı, hiperkifotik bireyler ile normal sagittal profile sahip bireyler arasında yer çekimi merkezi, statik/dinamik denge parametreleri ve ayak plantar basınç farklılıklarını saptamak ve bu farklılıkların radyolojik parametreler ile ilişkisini incelemektir.

3.GENEL BİLGİLER

3.1) Postür Kavramı

Postür, gövde kısımlarının, vücut ağırlık merkezinden geçen düşey çizgi ile olan ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Pratikte postür terimi sıklıkla omurga ile ilişkili olarak kullanılmakla beraber, postürün normal olduğu durumlarda ‘dik postür’ ya da ‘vertikal postür’ ifadelerinin kullanımına da sıkça rastlanmaktadır. Dik postür, vücut kısımlarının komşu segmente ve bütün vücuda oranla en uygun pozisyonda yerleşimini tanımlamaktadır.[1] Tarihsel anlamda postür kavramı sanatın başlangıcıyla oluşmuştur. Sanat çalışmalarında omurga kıvrımlarının oluşturduğu asil postürün yanı sıra, abartılı deformitelere de sıkça yer verilmiştir.[2]

Postür, sagittal ve koronal plan omurga dizilimleri tarafından belirlenir. Baş ve vücut pozisyonunun pelvis üzerindeki uygun izdüşümü yürüme ve duruşun denge içinde sürdürülmesine olanak verir. Omurga ve pelvis arasındaki narin denge, hem postürü belirler hem de vücudun enerji sarfiyatını en aza indirir.[2, 3]

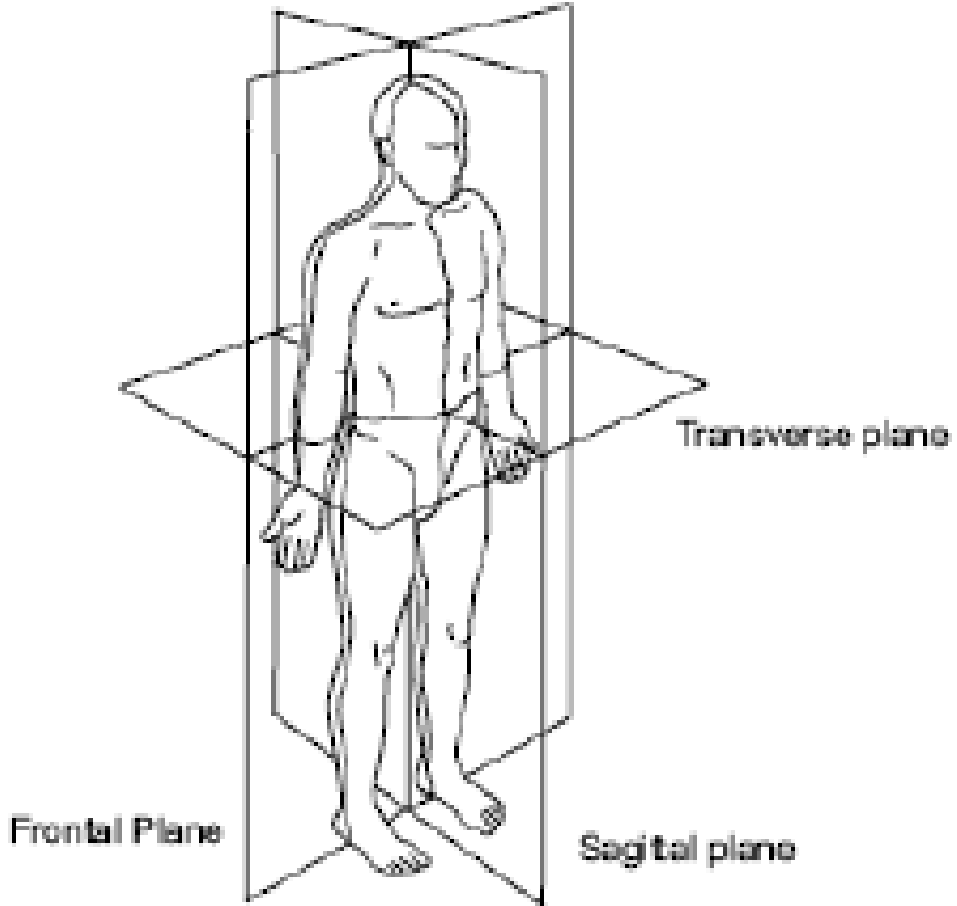
3.2) Sagittal Omurga Dizilimi:

3.2.1) Üç Boyutlu Omurga Dizilimi ve Önemi:

Omurga, kemik omurlar, faset eklem, disk, ligament ve kas yapıların kompleks birleşimiyle oluşan mekanik bir yapıdır. Omurga hastalıklarının klinik analizi omurga anatomisi, normal omurga dizilimi ve omurga biyomekaniğinin iyi şekilde bilinmesi ile yapılabilir. Omurga ve pelvis, postürü oluşturmak üzere X, Y, Z ortogonal koordinat sistemindeki transvers (horizontal), frontal ve sagittal planlarda uygun üç boyutlu anatomik dizilimi oluştururlar. (Şekil 1)

Omurganın temel görevleri vertikal yükün aktarılması, hareketin sürdürülmesi ve omuriliğin korunmasıdır. Bunları yerine getirebilmek için frontal planda simetrik ve düz,

sagittal planda ise servikal ve lomber bölgelerde öne doğru konveks (lordoz), torakal ve sakrokoksigeal bölgelerde de arkaya doğru konveks (kifoz) şekil almaktadır.(Şekil 2) Sagittal dizilim nedeniyle ortaya çıkan şok absorbe edici fleksibilite intervertebral alanlardaki uygun katılığın oluşturduğu stabilite ile dengelenmektedir.[2]

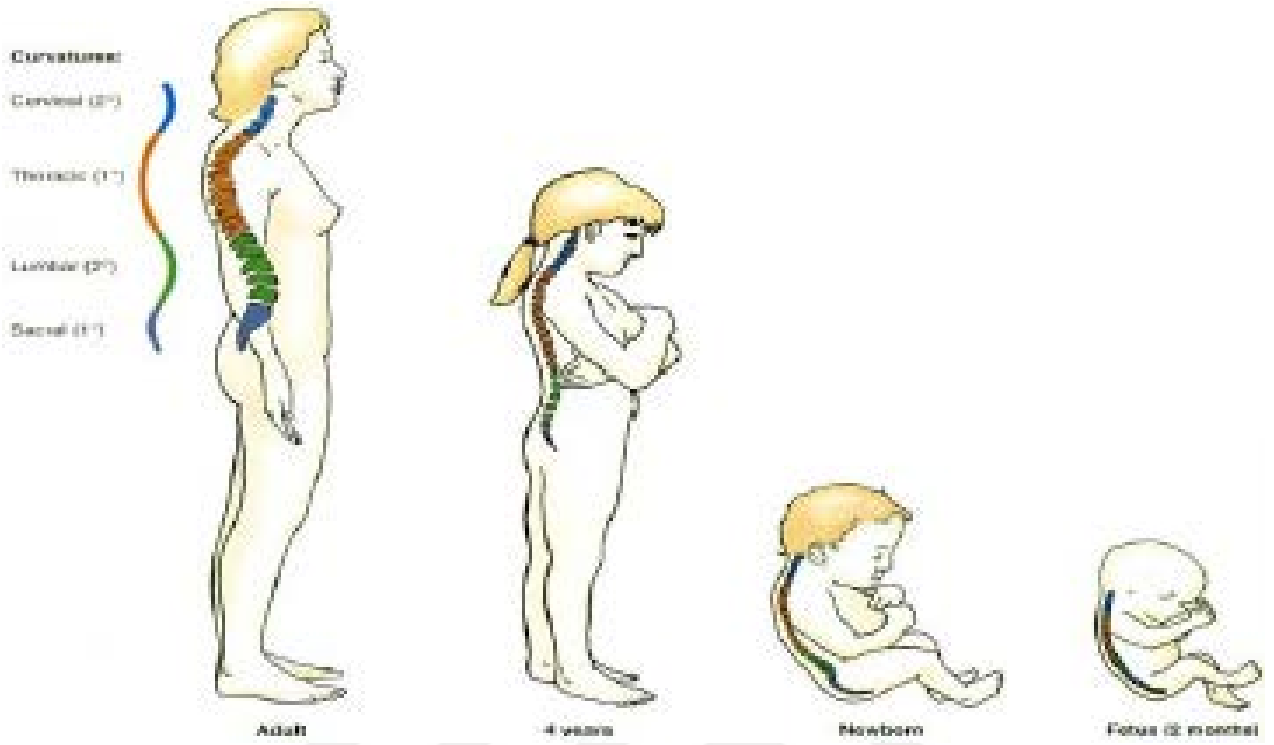


Şekil 1: İnsan vücudunda 3 boyutlu düzlem
(Clinically Oriented Anatomy, 4th edition,1999)



Şekil 2: Omurga Sagittal Planı

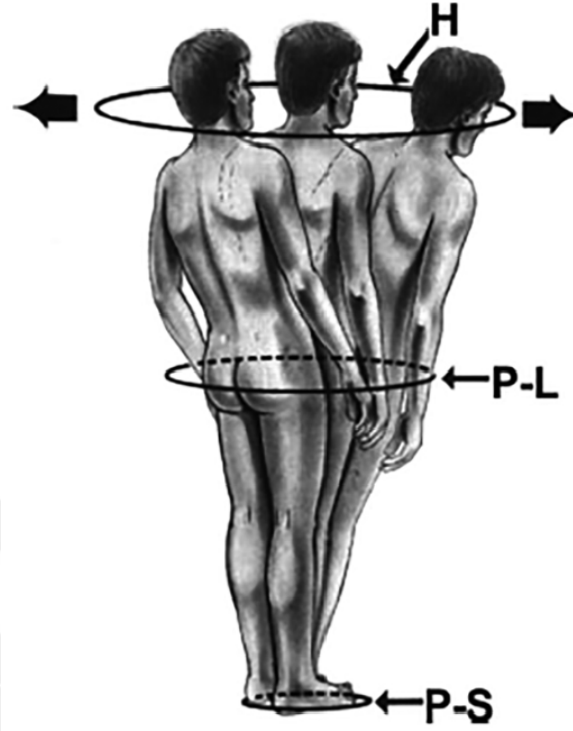
Yenidoğan döneminde omurga sagittal planı, internal sistemlerin gelişimi için daha geniş hacim oluşturacak şekilde, uzunluğu boyunca nazik bir posterior konveksiteye sahiptir. Üçüncü aydan itibaren çocuk kafasını dik tutmaya başlar ve bu durum sekonder servikal lordozun oluşmasını sağlar. Bu aşamadaki sagittal omurga dizilimi quadripedal canlılarınkı ile benzerdir. Oturma ve yürüme eylemlerini beceren çocuğun bipedalizme geçişiyle beraber ikinci anterior konveks olan lomber lordoz oluşur. Pelvis ile bağlantılı sakrokoksigeal ve göğüs kafesi ile bağlantılı torakal bölgeler ise görece fikse ve kifotiktir.[2] (Şekil 3)



Şekil 3: Omurganın sagittal düzleminde kronolojik değişimi

(Clinically Oriented Anatomy, 4th edition,1999)

İdeal spinal dizilim, kişi ayakta dururken minimum kas enerjisi sarfıyatına olanak sağlar. Normalde bu durum vertebranın fizyolojik eğimleri, pelvis morfolojisi, aksiyel ve apendiküler iskelet kasları arasındaki kompleks ilişki ile sağlanır. Debousset'nin ekonomi konisi kavramı, spinopelvik dengenin dik bir postür sağlama, yürüme ve dik durma sırasında enerji harcamasını minimize etmesinin önemini ortaya koyar. Pozitif sagittal balans artışı vücudun koninin periferine doğru pozisyon almasına neden olur.(Şekil 4) Bu pozisyonda kas enerjisi harcaması artarak ağrı, yorgunluk ve devamında sakatlanmalara sebep olabilir. Eğer vücut koninin periferi dışına kayarsa dengeyi sağlamak için koltuk değneği, baston veya yürüteç gibi araçlar kullanılması gerekebilir.[4]



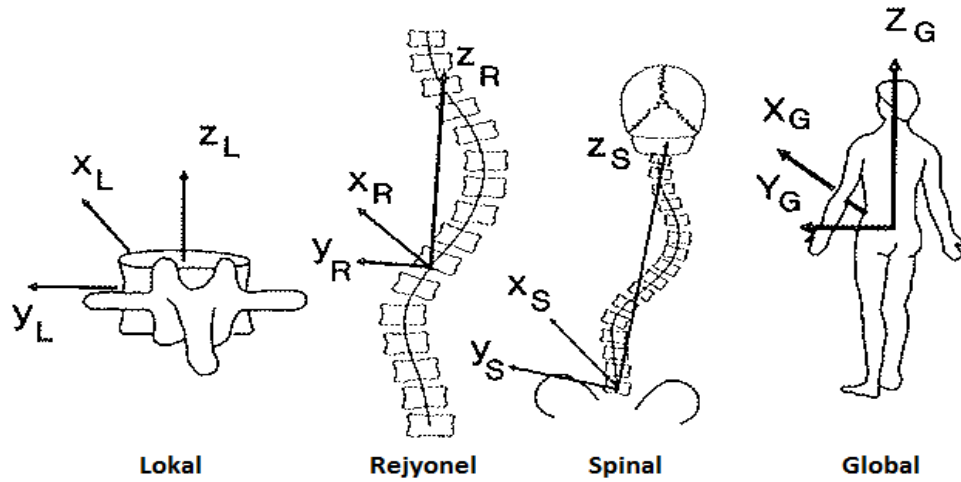
Şekil 4: Ekonomi konisi: Şekil kişiyi ayakta başa kadar çevreleyen konik şeklindeki "stabil" alanı tanımlıyor. Merkezden periferik doğru kayma dik durmak için harcanan enerjiyi artırır. Koninin dışına kayma ise düşme veya destek gereksinimine sebep olur. Kısaltmalar: H, baş; P-L, pelvik seviye; P-S, Destekleme poligonu.[4]

3.2.2) Sagittal Omurga Diziliminin Değerlendirilmesi:

Sagittal omurga diziliminin normal olup olmadığının değerlendirilmesi, geniş ve farklı çalışmalarda değişken değer aralıkları sebebiyle, diğer planlardaki deformitelere kıyasla daha zordur. Bu durumun önemli bir sebebi, radyolojik görüntüleme sırasında hastanın

pozisyonu, x-ray ışınlarının geliş açısı, omurgaların radyografilerdeki belirginliğinin yetersizliği, sınır omurlarının seçimi ve açı ölçüm tekniği olarak sayılabilir.[2]

Sagittal omurga diziliminin değerlendirilmesinde, öncelikle koordinat sistemlerinin lokal, rejyonel, spinal ve global olmak üzere 4 adet hiyerarşik sınıflamasından faydalanılır.(Şekil 5) Hareket segmenti olarak da bilinen fonksiyonel spinal üniteye ait koordinat ve açısal ölçümler lokal dizilimi tanımlarken, bu ölçümler torakal kifoz gibi belirli bir alana ait ise rejyonel dizilimi gösterir. Spinal dizilim, en kaudal ve en kranialde yer alan vertebralar arasındaki aksiyel hattı tanımlar. Global dizilimde C7 yük hattının S1 vertebraya göre konumu değerlendirilir.[2]



Şekil 5: Koordinat Sistemi Sınıflaması

(Ian A.F. Stokes, Three-Dimensional Terminology of Spinal Deformity)

Torakal kifoz açısı; T2-T12, T3-T12, T4-T12 ve T5-T12 omurgaların üst ve alt plakları arası açının Cobb metoduyla ölçümüyle saptanmaktadır.[5-7] (Şekil 6) Farklı seviye ölçümlerinin en önemli sebebi, lateral radyografilerde proksimal torakal omurga gövdelerinin ve son plaklarının iyi seçilememesidir. Ayrıca lateral grafi çekimleri sırasında, humerusun torakal omurgalar ile süperpozisyonunu engellemek için hastaya verilen omuz fleksiyonu gibi pozisyonlar lomber lordozun artışına ve sagittal omurga diziliminin değişmesine yol açabilmektedir.[7]

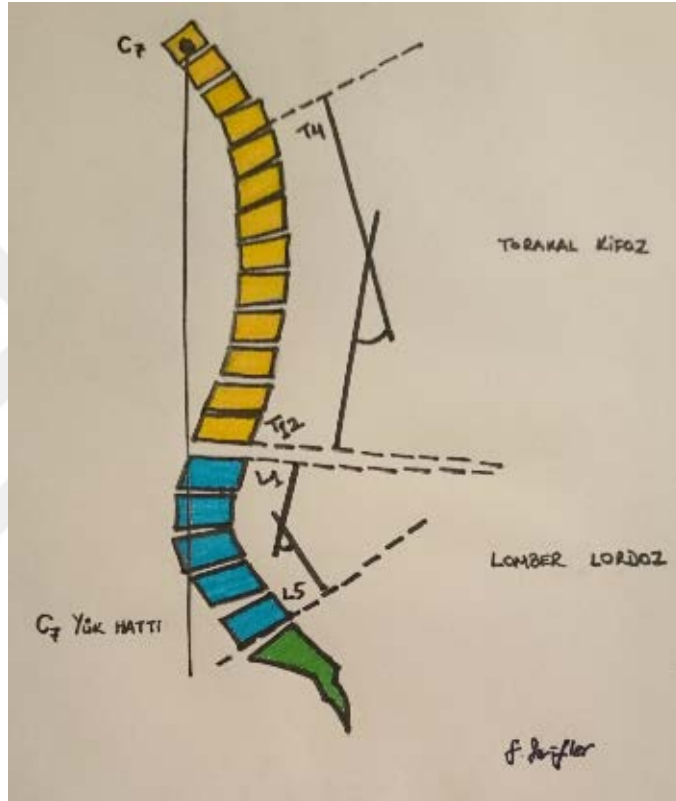
Boseker ve ark. 121 normal çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada, ‘gerçek kifoz tekniği’ olarak tanımladıkları seviye gözetmeksizin en çok eğime uğrayan torakal omurga son plakları arası kifoz açısı ölçüm tekniğini tanımlamışlardır.[8] Farklı çalışmalarda, farklı seviyelerden yapılan torakal kifoz açısı ölçüm sonuçları, normal değerlerin geniş bir aralıkta olabileceğini göstermiştir.[7] Propst-Proctor ve ark.’nın yapmış olduğu 104 normal çocuğa ait T5-T12 arası ölçümlerde, torakal kifoz açısının ortalama 27 derece (21° - 33°) olduğu bildirilmiştir.[6] Bir başka çalışmada, Jackson ve McManus 102 erişkin normal katılımcı üzerinde yaptıkları T1-T12 omurgalar arası ölçümlerde ortalama torakal kifoz açısını 42 derece (22° - 68°) olarak saptamışlardır.[9]

Yaş grupları ve ölçüm seviyelerinden kaynaklanan farklılıklar çalışmaların sonuçlarının karşılaştırılmasını zorlaştırırsa da bütün olarak bakıldığında T3-T12 seviyeleri arası normal torakal kifoz açısının adölesan ve genç erişkin yaş grubunda 20° ve 50° arasında geniş bir aralıkta değiştiği gözlenmektedir.[2]

Lomber lordoz açısı, L1-L5 ve L1-S1 omurgalarının üst ve alt son plakları arası açının Cobb yöntemiyle ölçümüyle hesaplanmaktadır. (Şekil 6) Bu açı, diğer sagittal spinal ölçüm değerlerinde de olduğu gibi olgular arasındaki yaş, cinsiyet ve ölçüm seviyesi farklılıklarına bağlı olarak geniş değer aralığına sahiptir. Genel popülasyonda çan eğrisi dağılım gösteren lomber lordoz açısının, L1-S1 son plaklar arası ölçümde yaklaşık 60 derece (30° - 80°) olduğu gözlenmiştir.[2, 10] L1 üst son plak ve L5 alt son plak arası ölçülen açı değeri 22 ile 54 dereceler arasında değişmektedir.[6]

Sagittal vertikal aks olarak da bilinen C7 yük hattı, C7 vertebra cisminin ortasından aşağı dik çizilen hattın S1 vertebra cisminin üst son-plağının posterosüperior köşesine uzaklığına bakılarak değerlendirilmektedir. (Şekil 6) Bu hattın S1 in posterosüperior köşesinin 2.5 cm önünden daha az veya 2.5 cm arkasından daha az mesafeden geçmesi ise sagittal denge olarak tanımlanan sınır aralığıdır. Sınır aralığının arkasından geçiyorsa negatif sagittal denge, önünden geçiyorsa pozitif sagittal denge olarak değer almaktadır.[9] C7 yük hattının, vücudun yer merkezi ile birlikte, erişkin skolyozlu hastalarda yaşam kalite skorlarını etkileyen bir parametre olduğu gösterilmiştir.[11]

Lumbosakral eklem, rölatif olarak hareketli ve lordotik lomber bölgeden, sert ve kifotik sakral bölgeye geçişi sağlamaktadır. Hareketsiz sayılabilecek sakroiliak eklemlere karşın pelvis ve kalçaların oluşturdukları sakral eğim, pelvik insidans ve pelvik tilt değerlerinin ayakta duran insanda global sagittal dizilime katkı sağladıkları literatürdeki çalışmalarda gösterilmiştir.[2, 4]



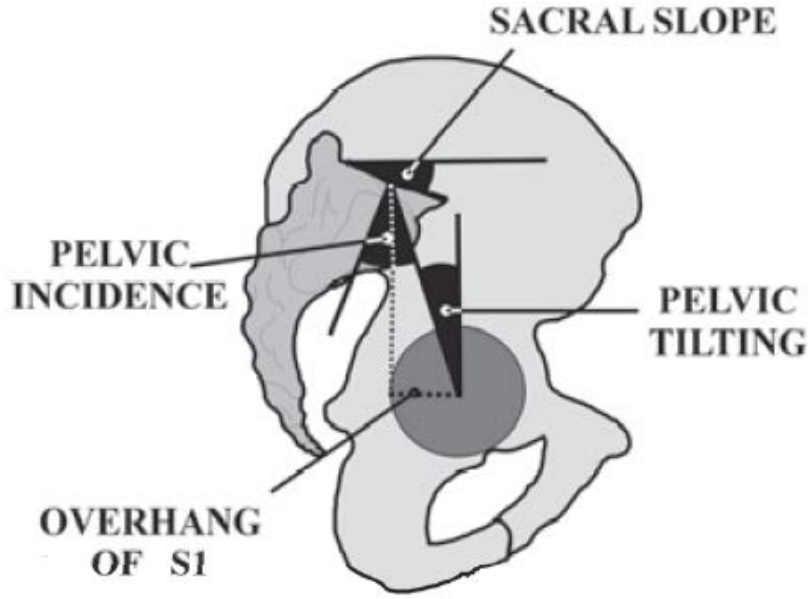
Şekil 6: Torakal kifoz açısı, Lomber lordoz açısı ve C7 yük hattı

Pelvik insidans, pelvisin uzaysal oryantasyonundan bağımsız, kişiye özel ve sabit bir anatomik parametredir. Sakral üst büyüme plağının orta noktasına çizilen dik bir çizgi ile femur başı aksına çizilen çizgi arasındaki açı olarak tarif edilir. (Şekil 7) Sakroiliak eklemin hareketsiz kabul edilmesi şartıyla, pelvisin pozisyonundan ve erişkin dönem sonrası yaştan bağımsız olduğu göz önüne alındığında, pelvik insidansın sabit bir parametre olduğu

söylenbilir.[12] Labelle ve ark. 160 normal erişkin katılımcı üzerine yaptıkları çalışmada, pelvik insidans değerini ortalama 51,8 derece olarak saptamışlardır. Pelvik insidansın diğer pelvik sagittal parametreler ile olan ilişkisi “ $PI = PT + SE$ ” şeklinde formüle edilebilir.[13] Ayrıca pelvik insidansın, lomber lordoz açısı ile olan yakın ilişkisi Schwab ve ark. tarafından “ $PI = LL + 9^\circ$ ” şeklinde formüle edilmiştir.[14]

Sakral eğim (SE), horizontal plan ile sakrumun üst büyüme plağı arasındaki açıdır. (Şekil 7) Ortalama 41,9 derece olan sakral eğim açısının arttığı durumda “horizontal sakrum”, azaldığı durumda ise “vertikal sakrum” ifadesi kullanılmaktadır. Pelvik tilt, femur başlarının orta noktasından sakrum üst son plağı orta noktasını birleştiren çizginin vertikal aks ile arasındaki ortalama 12 derecelik açıdır. (Şekil 7) Pelvik insidansın aksine sakral eğim ve pelvik tilt açıları sagittal omurga diziliminin kompeensasyonunda görev alan dinamik parametrelerdir.[12] Bu iki açının toplamı yaklaşık olarak pelvik insidans değerini vermektedir.[14] Lafage ve ark. pozitif sagittal balans ve artmış pelvik tilt açısının düşük sağlıklı yaşam kalite skoru ile ilgili olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca C7 yük hattının sakrum posterosüperior köşesine olan uzaklığının 50 mm’den az ve pelvik tilt açısının 20 dereceden az olacak şekilde restore edilemediği durumların kötü cerrahi sonuçlar ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.[15]

S1 yük hattı, sakral platonun ortasından vertikal olarak yere uzandığı varsayılan çizgidir.(Şekil 7) Sagittal spinopelvik dizilimde sık kullanılmayan bu hattın, bikoksofemoral hat ile olan milimetre cinsinden farkı bikoksofemoral hattın önünde pozitif, arkasında ise negatif değer olarak hesap edilir. Normal popülasyonda erkeklerde ortalama 22,6 milimetre, kadınlarda ise 19,2 milimetredir.[12]



Şekil 7: Sagittal pelvik parametreler

(Biomechanics in Applications, 2011)

3.2.3) Sagittal Omurga İmbalansı ve Kompensatuar Mekanizmalar:

Sagittal spinopelvik dizilim omurga ve pelvisin yanı sıra alt ekstremitelerin de sagittal diziliminin ürünüdür. Pelvis, kalça ve omurga arasındaki resiprokal ilişkinin yanında, omurganın diz eklemi dolayısıyla adaptif değişikliklere gittiği gösterilmiştir.[16] Sagittal imbalansın kompenzasyonunda kilit segment olan pelvisin retroversiyonu kadar, öne translasyonu da göz ardı edilmemelidir. Ayak bileği ve ayak düzeyindeki muhtemel kompenzasyonlar açısından hastalar baştan ayağa kadar analiz edilmelidirler.[17]

Sagittal spinopelvik diziliminin kompensatuar mekanizmasının önemli bileşenlerinden birisi pelvik insidans değeridir. Pelvik insidans açısının değeri, sagittal dizilim imbalansı durumunda vücudun kompenzasyon yeteneği, yeniden sağlanan sagittal dizilimin stabilitesi ve lomber lordozun kaybedilme riski açısından kişisel riskleri

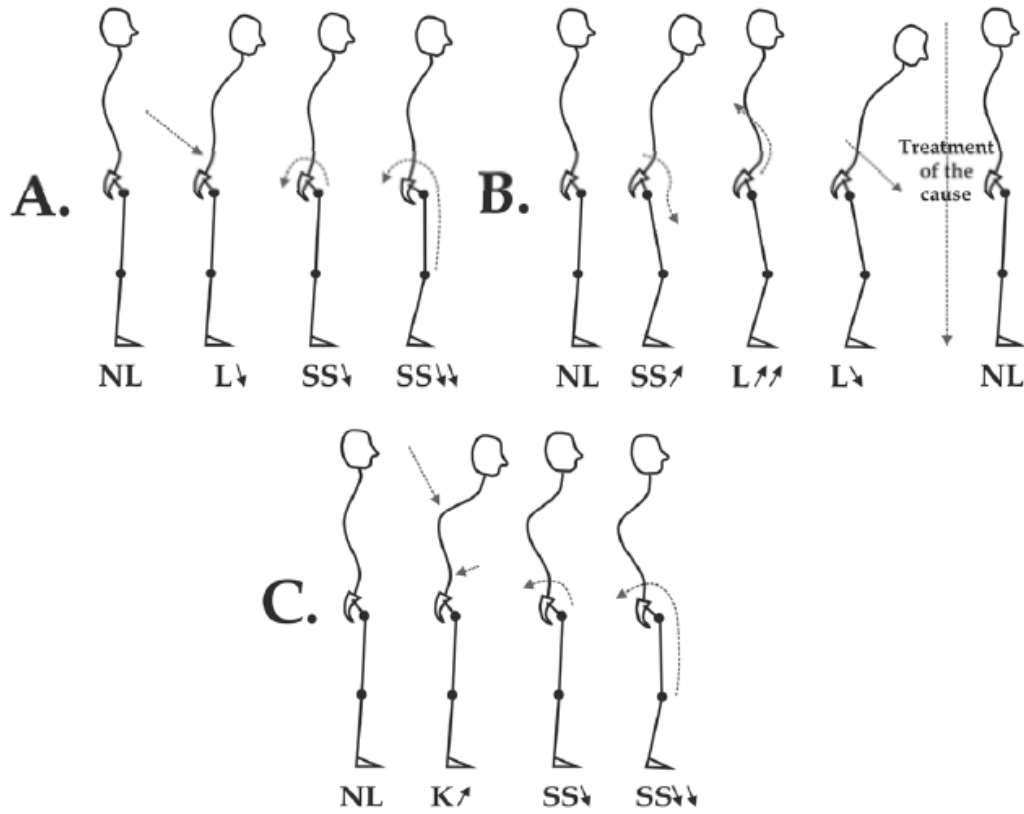
belirlenmektedir. Pelvik insidansın yüksek değerlerinde kompenzasyon rezervinin fazla olduğu düşünülebilir.[18]

Kifotik postür sebebiyle, anatomik yapıların aşırı yüklenmesine ve paraspinal kasların normalden fazla kontraksiyonuna bağlı ağrı ile seyreden 3 tip sagittal omurga imbalansı mekanizması tanımlanmıştır:

Tip A: Bu imbalans tipinde temel olarak lomber lordoz açısında azalma söz konusudur. Lomber lordozdaki azalmanın, kompensatuar olarak pelvik retroversiyon ile karşılanmaya çalışılması ile sakral eğim ve pelvik insidans açılarında azalma meydana gelir. Pelvik retroversiyon rezervinin yetersiz kalması durumunda, sagittal omurga diziliminin dengelenmesi için kalçaların ekstansiyonu ve dizlerin fleksiyonu devreye girer.(Şekil 8A) Kronik bel ağrılı hastalarda en sık görülen imbalans tipi olmakla birlikte, obezite ve Parkinson gibi nöromusküler hastalıklarda da bu tip imbalans gözlenmektedir.

Tip B: Kalça ve diz fleksiyon kontraktürlerinin kompenzasyonu için, pelvik anteversiyonun sağlanması amacıyla, sakral eğimin aşırı artmasıyla karakterize imbalans tipidir.(Şekil 8B) En sık olarak kalça ve diz osteoartritinde görülen bu imbalansta tedavi seçeneği artroplasti olmalıdır.

Tip C: Torakal hiperkifozun kompenzasyonu amacıyla lomber lordoz artışı, pelvik retroversiyon artışı ve sakral eğimde azalma ile seyreden tiptir. Hiperkifozun ilerlemesi karşısında spinopelvik rezervin yetersiz kalması durumunda, diz fleksiyonu devreye girmektedir.(Şekil 8C) Bu imbalans tipi klinikte sıklıkla Scheuermann hastalığı, torakal osteoporotik kırıklar ve yaşlanma ile ilişkilidir.[18]



Şekil 8: Sagittal Omurga İmbalansı Çeşitleri ve Kompensatuar Mekanizmalar

(A)Tip A (B) Tip B (C) Tip C

(Biomechanics in Applications, 2011)

3.3) Torakal Hiperkifoz:

Torakal hiperkifoz sıklıkla adölesan dönemde saptanan, yuvarlak sırt deformitesinden belirgin yumuşak doku ve kemik değişikliklerinin eşlik ettiği rijid deformitelere kadar bir dizi omurga hastalıklarını kapsamaktadır. Bu hastalıklar dizisinin, radyolojinin tıbbın hizmetine girmesinden önce doğumsal anomali ve sırt kaslarındaki yetersizliğe bağlı olduğu düşünülmekteydi. Torakal hiperkifoza yol açan patolojiler içinde sıklıkla görülen yuvarlak sırt deformitesi ve Scheuermann kifozunun yanı sıra, vertebral oluşum ya da segmentasyon kusuru sebebiyle oluşan doğumsal kifoz, travmatik, cerrahi, infeksiyöz sebepler, radyasyon ve bağ doku hastalıkları sayılabilir. (Tablo 1) [1, 19]

Tablo 1: Winter ve Hall'in Torakal Hiperkifoz Sınıflaması

Torakal Hiperkifozun Etiyolojisi

- ❖ Postural Kifoz
- ❖ Scheuermann Hastalığı
- ❖ Doğumsal Kifoz
 - Oluşum kusuru
 - Segmentasyon kusuru
 - Karışık kusur
 - İlerleyici non-infeksiyöz anterior füzyon
- ❖ Postravmatik Kifoz
- ❖ Nöromuskuler Sebepler
 - Miyelomeningosel
- ❖ Postlaminektomi Kifoza
- ❖ Postradyasyon Kifoza
- ❖ Metabolik Sebepler
 - Osteoporoz
 - Osteomalazi
 - Osteogenezis imperfekta
- ❖ İskelet displazisi
 - Akondroplazi
 - Mukopolisakkaridozlar
 - Nörofibromatozis
- ❖ Kollajen Doku Hastalıkları (Marfan)
- ❖ Neoplastik Sebepler:
- ❖ Postinfeksiyöz
 - Bakteriyel
 - Fungal
 - Tüberküloz

3.3.1) Yuvarlak Sırt Deformitesi

Postural kifo olarak da bilinen yuvarlak sırt deformitesi sıklıkla ergenlik döneminde görülen, aktif ya da pasif olarak düzeltilebilen ve Scheuermann hastalarına göre esnek bir deformitenin var olduğu selim bir durumdur. Radyolojik olarak vertebral kamalaşmanın görülmediği bu durumda hastalar, sırt kaslarını kullanarak deformiteyi düzeltebilmektedirler. (Resim 1) Başlıca tedavi yöntemlerinin fizik tedavi ve ilerleyici deformite durumunda korseleme olduğu bu hastalıkta cerrahi tedavi gerekliliği yoktur.[1, 20]



Resim 1: Yuvarlak sırt deformitesinin radyolojik görünümü

3.3.2) Scheuermann Kifo:

Danimarkalı bir radyolog olan Holger W. Scheuermann 1920 yılında, hastalığı radyolojik olarak omurga apofizlerindeki düzensizlikler ve korpusların kamalaşması sonrası gelişen sert deformite olarak tanımlamıştır. Bu bulguların aseptik nekroz zemininde gelişebileceği yönünde görüş bildirmiştir. Seneler içersinde etyolojiye yönelik ailesel ve genetik sebepler, hormonal bozukluklar, kollajen doku defektleri, juvenil osteoporoz, vitamin eksiklikleri ve travmalar suçlanmış olsalar da etyoloji netleştirilememiştir.[21, 22]

Scheuermann'ın orijinal bildirisinde erkeklerde daha sık olduğu belirtilmekle birlikte, SK'nın genel popülasyonda görülme sıklığı Sorenson tarafından %0.4-%8.3 olarak belirtilmiştir.[20, 23] Cinsiyete göre dağılımın eşit olduğunu gösteren çalışmalar olmakla birlikte, Scheuermann orijinal bildirisinde hastalığın erkeklerde daha sık olduğunu belirtmiştir.[20]

Scheuermann kifozuna sahip adölesanlarda hekime ilk başvuru sebebi sıklıkla kamburlaşma ve ağrıdır. Ağrı sıklıkla hızlı büyümenin olduğu dönemde ortaya çıkan, deformitenin apeksinde ya da lomber bölgede lokalize, fiziksel aktivite ve fleksiyonda ağır kaldırma ile artış gösterebilen ancak yansıma göstermeyen vasıftadır.[24]

Adams'ın öne eğilme testinde, yandan bakıldığında daha iyi gözlemlenebilen keskin açılı bir kifotik apeks mevcuttur.(Resim 2) Apikal ağrı ile torakal kifoz derecesi arasında korelasyon bulunmamaktadır. Torakal kifoz sınırlı bir lordoz ile dengelenebildiğinden, servikal lordoz artışına bağlı hastanın başı toraksın önünde yerleşimlidir. Alt ekstremitelerde hamstring gerginliği gözlemlenebilir.[1] SK'lı hastaların 1/3'ünden fazlasında, deformiteye skolyozun da eşlik edebileceği unutulmamalı ve hastalar rotasyonel deformite açısından mutlaka değerlendirilmelidirler.[25] Deformitenin direkt basısına, epidural kistlere, torakal disk herniasyonuna bağlı olarak unilateral radikülopati, parestezi ve parapleji tabloları, SK'ya nadiren eşlik edebilir. Cho ve ark. 82 SK hastasında yaptıkları retrospektif bir çalışmada, preoperatif nörolojik bulgu prevalansının %9 olduğunu belirtmişlerdir. SK'da torakal disk herniasyonu 14-20 yaş arası erkeklerde daha sık görülmektedir. Solunum fonksiyon testlerinin SK'lı hastalarda rutin olarak yapılması gereksiz olmakla birlikte, pulmoner komplikasyonlar açısından 100 derece üzeri deformitelerde dikkatli olunmalıdır. [24-26]



Resim 2: Adams' in öne eğilme testinde keskin açılı kifotik apeks görünümü

Sorenson 1964 yılında, Scheuermann kifozun radyolojik görüntülemesinde ardışık 3 omurgada 5 derece ve üzeri kamalaşma olduğunu belirtmiş, sonraki yıllarda vertebral son plaklarda düzensizleşme, disk aralıklarında genişleme ve disk materyalinin omurga korpusuna protüzyonu şeklinde tanımlanan “Schmorl nodülleri” de radyolojik olarak tanımlanmıştır.[23, 24] (Resim 3)



Resim 3: Scheuermann Kifozunun Radyolojik Görünümü

Sorensen'in tarif ettiği radyolojik bulgular bazı hastalarda sadece kifozun apeksinde yerleşim gösterirken, bazı hastalarda tüm eğrilik boyunca gözlenmektedir. Ayrıca eğriliğin anteriorunda, omurgalar arası ankiloz varlığı durumunda non-infeksiyöz anterior füzyon ve konjenital kifoz akla gelmelidir.[1]

Radyolojik görüntüleme için hastaların; ayakta dururken, başları dik karşıya bakar pozisyonda, kolları omuz seviyesine gelecek şekilde fleksiyonda ve tüm omurganın mümkünse her iki femur başını da kasete sığdıracak şekilde lateral görüntülemesi yapılır. İdeal görüntülemede 14x36 inç (yaklaşık 90 cm uzunluğunda) röntgen filmleri kullanılmalıdır. Tüp film mesafesinin 72 inç (yaklaşık 200 cm) olması tercih edilir. Çekilen görüntülerde torakal kifoz, lomber lordoz, C7 yük hattı ve sagittal pelvik parametreler değerlendirilmelidir.[27] SK'lı hastaların 1/3 ünden fazlasında skolyozun da eşlik

edebileceği düşünülerek, ayakta posteroanterior grafler de çekilmelidir. Ameliyat öncesi kifozun fleksibilitésinin değerlendirilmesi amacıyla supin pozisyon lateral hiperekstensiyon grafleri çekilebilir.[25]

SK hastalarında 2 tip eğrilik paterni görülmektedir. Bunların birincisi sıklıkla karşılaşılan T1-T2 seviyelerinden başlayıp, distalde T12-L1 seviyelerine uzanım gösteren ‘‘Torakal Scheuermann’’dır. Diğeri ise T4-T5 seviyelerden distalde L2-L3 seviyelerine uzanım gösteren ‘‘Torakolomber Scheuermann’’ olarak adlandırılmaktadır.(Resim 4) Göğüs kafesi desteğinden yoksun olan torakolomber eğriliklerin ilerlemeye ve uzun dönemde ağrılı olmaya daha meyilli olduğu belirtilmektedir.[28]

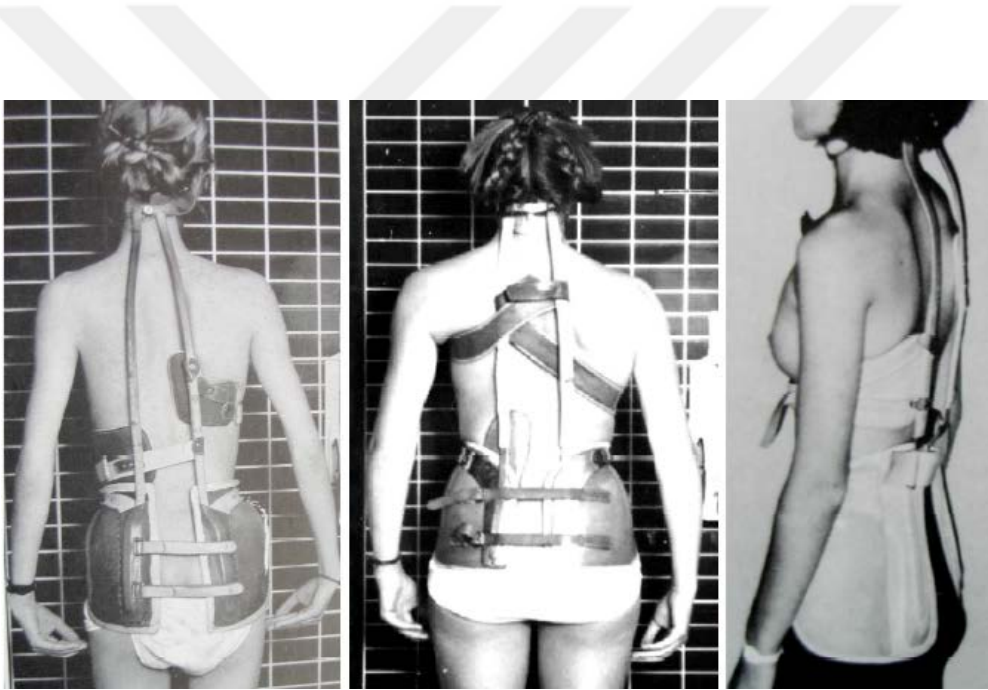


Resim 4: Torakolomber Scheuermann kifoz hastası ve bu hastanın radyolojik görünümü.

Tedavi edilmemiş SK hastalığının erişkin dönem doğal seyri tam olarak netlik kazanmamıştır. Hastalığın erişkin dönemdeki seyri ile ilgili yapılan sınırlı sayıdaki literatür çalışmasında, kifoz derecesinin hastaların yaklaşık %80’inde arttığı, buna karşın şiddetli deformitenin sınırlı sayıda hastada geliştiği gösterilmiştir. [28]

SK genel olarak iyi seyirli bir hastalıktır ve belli durumlar dışında sıklıkla konservatif olarak tedavi edilebilir. Eğrilik, kozmetik sorunlara yol açmakla birlikte çoğunlukla kabul

edilebilir boyuttadır. Hastaların sırt ve bel ağrısı şikayetleri adölesan dönem sonrası iyileşme eğilimindedir.[29] İskelet gelişimini tamamlamamış, Risser evre 2 ve altındaki, fonksiyonel ve kozmetik olarak kabul edilemeyen kifoza bulunan hastalarda konservatif tedavi yöntemleri etkili olabilmektedir.[30] İmmatür iskelet yapısına sahip ve 55 derece ve altında torakal kifoz açısına sahip SK hastalarında fizik tedavi yöntemleri uygulanabilmektedir. Ne var ki fizik tedavinin SK'da etkinliğini gösteren kesin bilgiler literatürde bulunmamaktadır.[31] İskelet gelişimini tamamlamamış ve 50 derece üzerinde kifoza bulunan torakal SK (apeksi T6-T8 arasında olan) hastalarında, üç nokta desteği ile etkili bir düzeltme sağlayan Milwaukee korse önerilmektedir. Korse lomber lordozu azaltarak negatif sagittal dengeye yardımcı olmalıdır.[32] (Resim 5) Torakolomber SK için ise torakolumbosakral ortez (TLSO) kullanılabilir.[1]



Resim 5: Farklı SK hastalarında Milwaukee korse uygulamaları[33]

Alçılama tedavisi ile 50 derece ve altındaki deformiteler kontrol altında tutulabilir. Ardışık tedavide ön omurga yüksekliğinin eski haline getirilmesi ve açısal düzeltmenin sürdürülmesi amaçlanmaktadır. Kemik gelişimi hemen hemen tamamlanmış olan puberte sonrası hastalarda, konservatif tedavi ile vertebral kamalaşma düzeltilememektedir. Bu hastalarda daha ziyade cerrahi tedavi tercih edilmelidir.[34]

SK cerrahi tedavi endikasyonu için, 50 derecelik kifotik deformitelerin yeterli olacağına dair görüşler bildirilmiş olsa da, genel kabul gören cerrahi tedavi endikasyonları arasında ağrı, 70-75 derecelik torakal kifoz ve kabul edilemez kozmetik görünüm sayılabilir. Kifotik deformitenin 60 derecenin altında olduğu hastalarda, profilaktik cerrahi uygulanması yönündeki tartışmalar devam etmektedir. Cerrahideki temel amaç, nörolojik komplikasyon gelişimine izin vermeden dengeli bir sagittal spinopelvik dizilim kazanmaktır. Cerrahi planlama tüm sagittal dizilim göz önüne alınarak, uygun cerrahi tekniği ve füzyon seviyelerinin belirlenmesini içine alacak şekilde yapılmalıdır.[1, 34, 35]

SK hastalarının ameliyat öncesi planlamaları, posteroanterior ve lateral çekilmiş radyografilerinde yapılmalıdır. Posteroanterior röntgenogramlar eşlik edebilecek olan skolyozun değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir. Optimal lateral röntgenogramların çekiminde, hasta pozisyonu 3 farklı şekilde olabilmektedir.(Resim 6) Hastanın ayakta rahat durur pozisyonda, başı dik karşıya bakar şekilde ve her iki eli klavikularında olacak şekilde alınmış lateral röntgenogramlar en optimal çekimi oluşturmaktadır.[36] Koronal plan deformitelerinin ölçümünde olduğu gibi Cobb metodu kullanılarak yapılan sagittal plan açı ölçümlerinde gözlemciler arası fark söz konusudur.[37]



Resim 6: Lateral omurga röntgenogramlarında farklı hasta pozisyonları.[36]

Rijit olmayan deformitelerde sadece posterior enstrumantasyon ve füzyon yeterli olabilmekle birlikte, iskelet gelişimini tamamlamış ve sert deformitelerde, düzeltilebilirliği

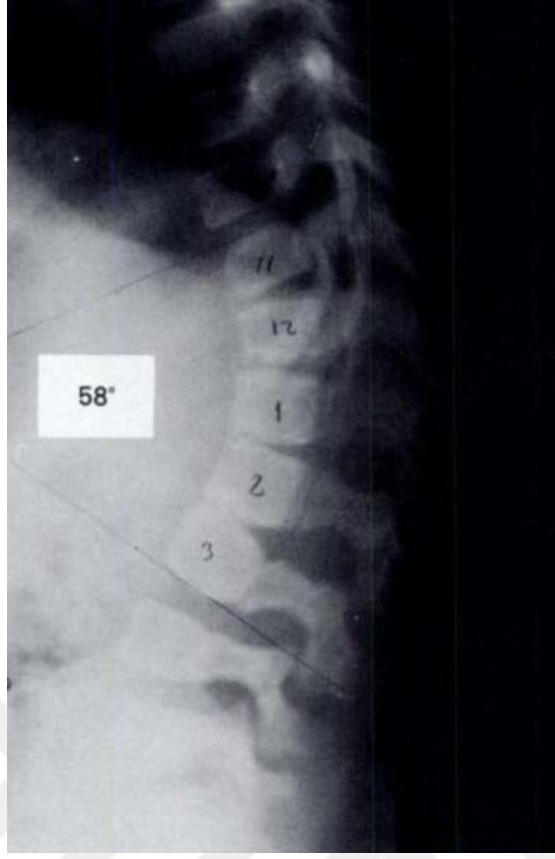
arttırabilmek amacıyla anterior gevşetme ve apikal kısım füzyonunun da eklenmesi önerilmektedir. Sert deformitelerin sadece posterior enstrumentasyon ile düzeltilmeye çalışıldığı olgularda, ensturmanın füzyon sahasında oluşturması gereken kompresyon kuvvetlerinin traksiyon kuvvetlerine dönüşmesi psödoartroz riskini doğurmaktadır.[30]

Anterior gevşetme, deformitenin seviyesine göre anterior torakotomi veya torakoskopik olarak yapılabilir. Anterior gevşetme sonrası yapısal destek ve füzyon sağlamak için grefteleme ve anterior enstrumentasyon uygulanabilir. [28]

Minimal invaziv teknik olarak geliştirilen torakoskopik anterior gevşetme ve füzyon ilk kez Mack ve arkadaşları tarafından 1993'te yayınlanmıştır. Standart anterior spinal girişimde kullanılan posterolateral torakotomi, insizyonu nedeniyle morbiditesi fazla olan bir girişimdir. VATS (Video-assisted thoracic surgery) morbiditesi daha az bir yöntem olarak omurga cerrahisinde günümüzde sıkça kullanılmaktadır.[38]

3.3.3) İlerleyici Non-infeksiyöz Anterior Füzyon:

Hiperkifozun nadir sebeplerinden sayılabilecek bir omurga hastalığı olan ilerleyici infeksiyöz olmayan anterior füzyon, radyolojik olarak sadece anterior disk aralığını tutan ve disk aralığının kısmi ya da tamamıyla ankiloze olmasıyla karakterizedir.[36, 39, 40] (Resim 7) Doğumsal kifozun bir formu olarak düşünülen bu hastalıkta, radyolojik olarak ön disk aralığında daralma ve korpusların ön köşelerinde yakınlaşmanın olmasıyla genellikle 1 yaş civarında tanı koyulmaktadır. SK hastalığından radyolojik anlamda farklı olarak disk aralığının posterior kısmında erozyonlar gözükmemektedir. Posterior aralıkta füzyon görülmemesi ve posterior elemanların büyümeye devam etmesiyle oluşmaktadır. Hastalık SK'ya benzer şekilde tedavi edilmektedir. Korse tedavisinin ilerlemeyi durdurduğu gösterilmiş olup, iskelet gelişimini tamamlamış vakalarda anterior diskektomi, osteotomi ve posterior enstrumentasyon uygulanabilir.[1, 40]



Resim 7: İlerleyici non-infeksiyöz anterior vertebral füzyon tanılı 1 yaşındaki olguya ait radyolojik görünüm.[40]

3.3.4) Postlaminektomi Kifoza:

Başta faset eklemler olmak üzere laminalar ve posterior ligamanların eksizyonu sonucu posterior elemanların bütünlüğünün bozulması ile oluşan artmış fleksiyon momentinin anterior apofizi üzerine yaptığı baskı, bu bölgede sekonder büyüme bozukluğu ve dolayısıyla kifoza yol açmaktadır.[41, 42] Faset eklemlerin horizontal yerleşimi sebebiyle fleksiyonun daha belirgin olması sebebiyle, torakal ve servikal bölgelerde sıklık daha fazladır. Ayrıca asimetric etkilenmelerde kifozkolyoz deformiteleri de görülebilmektedir.[43] Görülme sıklığı hem seviye hem de hastanın cerrahi sırasındaki yaşıyla ilişkilidir. Omurganın proksimalinde gerçekleştirilen laminektomiler ve genç hastalarda risk görece fazladır.[42]

3.3.5) Postradyasyon Kifoza:

Çeşitli endikasyonlar dahilinde radyoterapi alan hastalarda, radyosensitif olan apofizlerdeki endokondral ossifikasyonun belirgin olarak zarar görmesi sonucu kifoz gelişebilmektedir. Özellikle 10 yaş ve altındaki çocuklar radyasyon sonrası kifoz deformitesi gelişimi açısından risk altındadırlar. Apofizdeki etkilenme 60 cGy dozda başlamakla birlikte nöroblastom, medullablastom ve Wilms tümörlerinde terapi dozu olan 1200 cGy’de omurga yüksekliklerinde belirgin azalma görülmektedir.[44]

3.3.6) Hiperkifozaun Çeşitli Sebepleri:

Mukopolisakkaridozlu hastalarda kemik iliği transplantasyonu sonrası beklenen yaşam süresindeki artışla beraber, bu hastalardaki omurga problemlerine yaklaşım da yıllar içinde değişim göstermiştir. Bu grup hastalıklarda görülen omurga deformiteleri hafif formdan ileri derecede ve cerrahi gerektiren düzeye kadar değişkenlik göstermektedir. Bu hastalarda sıklıkla lomber ve torakolomber kifoz görülmektedir.[45] Field ve ark.’nın Hurler sendromlu hastalarda postmortem histolojik gözlemlerinden oluşan çalışmalarında, omurga son plaklarında düzensizlik olmadığı ancak korpuslarda süperoinferior kadranda ossifikasyon düzensizliği olduğu görülmüştür.[46]

Marfan sendromu. hipotoni ve beraberindeki omurga hiperlaksitesine bağlı omurga deformitelerinin eşlik ettiği bir bağ doku hastalığıdır. Marfandaki omurga deformitelerinin büyük kısmını skolyoz oluştursa da sagittal planda torakal lordoz ve lomber kifoza da rastlanılmaktadır. Marfan’a eşlik eden omurga deformiteleri diğer hastalıklardan farklı olarak ağrılı ve serttir.[47] Yüksek psödoartroz riskinden dolayı bu hastalarda kombine anterior ve posterior füzyon önerilmektedir.[48, 49]

Akondroplazili hastalarda en sık görülen omurga problemleri olan oksipitoservikal stenoz ve spinal stenoz dışında, %10 oranında ileri kifotik deformitelere de rastlanılmaktadır. Psödoakondroplazili hastalarda da tamamlanmamış ossifikasyona bağlı omurga korpuslarının

kamalaşmasının eşlik ettiği ve artmış lomber lordozun kompanzasyonuna bağlı kifoz görülebilmektedir.[1]

3.4) Denge ve Postural Kontrol:

Denge, oturma veya ayakta durma yada yürüme gibi aktivitelerde vücudun ağırlık merkezini destek yüzeyinin kabul edilebilir sınırları içerisinde tutabilme yeteneği olup, çok yönlü sensör-motor ve biyomekanik bileşenleri içeren kompleks bir süreçtir. Denge ve postural kontrolün sağlanması üç ana unsurun koordine olarak çalışmasıyla sağlanmaktadır. Bu unsurlardan ilki olan görsel sistem hareketin ve mevcut engellerden kaçınmanın planlanmasını sağlamaktadır. Vestibüler sistem vücudun denge çarkı olarak görev alarak, hareket sırasındaki doğrusal ve açısal hızlanmaların farkındalığını sağlayarak denge ve postural kontrole katkı sağlar. Üçüncü unsur olan propriosepsiyon, eklemler, kaslar ve tendonlar gibi vücut bölgelerinden reseptörler yardımıyla gelen üç boyutlu pozisyon sinyallerini toplayan ve bu duyuların kortikal ve subkortikal yorumlanmasına yardımcı olan sistemdir.[50]

Denge, statik ve dinamik olmak üzere iki bölümde incelenir. Statik denge, hareketsiz duruş sırasında postural salınımın kontrol edilebilmesi olarak tanımlanmaktadır. Statik dengeyi sağlamak için ikinci sakral omurganın üzerinde bulunan vücudun ağırlık merkezi destek yüzeyi üzerinde durmalıdır. Bu denge becerisinde, sadece ayak bileği çevresindeki kasların aktivitesi ayakta dik duruşta dengenin sağlanmasında yeterli olmaktadır. Dinamik denge ise, hareket sırasında oluşan postural değişikliklerin önceden kestirilebilmesi ve denge değişimine uygun yanıtların verilebilmesi olarak tanımlanır. Dinamik denge becerisinde hem destek yüzeyi hem de ağırlık merkezi hareketlidir.[51]

En genel tanımıyla postür (duruş), vücudun, başın, gövdenin ve ekstremitelerin boşluktaki yapılan işe ve işin özelliklerine göre hizalanması olarak tanımlanmaktadır. Postür, gerilme (myotatik) refleksi ile sağlanan ve yerçekimine karşı korunan vücut duruşunu ifade etmektedir. Herhangi bir vücut segmentinin yer çekim vektörüne göre yönünü belirleyen ve herhangi bir anda vücut ögelerinin göreceli dizilimini oluşturan postür, o anda çeşitli

eklemlerin pozisyonlarının karmaşık bağlantısından oluşmaktadır.[52] Postür, vücutta iki önemli fonksiyona hizmet etmektedir. Bunlardan ilki, optimal duruşu meydana getiren mekanik antigraviteyi ve dengeyi sağlamaktır. Bu fonksiyonunu ekstensör antigravite kaslarının kas tonusu aracılığı ile eklemlere sertlik sağlayıp, zemin reaksiyon kuvvetine (force) karşı koyarak gerçekleştirmektedir. Diğer fonksiyonu ise dış dünya ile ilişkili birkaç ekstremitenin algılama ve eyleminde referans çerçevesi olarak davranmasıdır. Baş, gövde ve ekstremiteler gibi vücut segmentlerinin pozisyon ve oryantasyonu, dış çevredeki hedef konumların belirlenmesinin yanı sıra, bu hedeflere karşı hareketlerin organizasyonunu da sağlamaktadır.[53]

Dengenin değerlendirilmesinde çeşitli statik ve dinamik denge testleri kullanılmaktadır.[54]

-Zamanlı denge testleri: Bu testte, olguların gözler açık ve kapalı olarak çift ve tek ayak üzerinde iken durma süreleri incelenir. Statik denge testidir.

-Elektromyografik ölçümlerle motor cevapların analizi: Değişken destek yüzeyi ve postural streslere karşı kas düzeyindeki cevapları ve dinamik denge değerlendirilmesini sağlayan testtir.

-Kalk ve yürü testi: Bu test için bir sandalye, kronometre ve üç metrelik yürüme alanına ihtiyaç duyulur. Test bir sandalyede oturarak başlar, denek uyarı ile kalkar, 3 metre yürür, geri döner ve oturur. Dinamik denge değerlendirilmesinde kullanılan bir testtir.

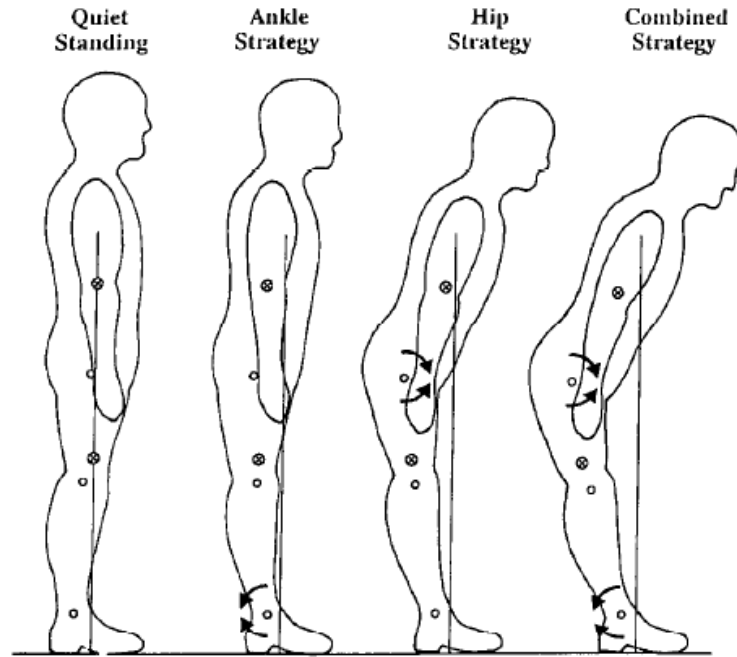
-Fonksiyonel alan testi: Duvara monte edilmiş bir mezura yardımıyla olguların dengelerini kaybetmeden uzanabilme yeteneği değerlendirilir. Dinamik denge değerlendirilmesinde kullanılan bir testtir.

-Postural stres testi: Postural streslere karşı ortaya çıkan postural reaksiyonları izleyerek denge bozukluğuna sebep olan nöromusküler fonksiyon bozukluklarını değerlendiren testtir. Basit bir makara sistemi kullanılarak normal ayakta duruş pozisyonunda yapılır.

-Kuvvet platformu ve benzeri cihazlarla ölçülen statik ve dinamik denge testleri: Bu testte stabilometre ve balance master gibi cihazlarla hastanın ayakta iken postural salınımlarında her bir saniyede derece cinsinden meydana gelen değişiklikler ölçülür.[54] Bazı temel kavramların bilinmesi kuvvet platformu ve benzeri cihazlarla ölçülen denge parametrelerinin yorumlanması açısından önem arz etmektedir. 'Center of measure' (CoM) olarak da bilinen

vücut ağırlık merkezi teorik olarak varsayılan, her bir vücut segmentine etki eden yer çekimi bileşkesinin uygulama noktasıdır. Vücut ağırlık merkezinin kuvvet platformuyla da gösterilebilen yerdeki dikey yansıması, 'center of gravity' (CoG) olarak bilinen yer çekimi merkezidir. Pasif bir değişken olan CoM ve yerdeki yansıması olan CoG, postural kontrol mekanizmalarının oluşturduğu postural sınımlar ile kabul edilebilir destek yüzeyi içerisinde tutulmaya çalışılır. 'Center of pressure' (CoP) ise, yine kuvvet platformunda ölçülebilen dikey yer reaksiyon kuvvetlerinin her bir ayak tabanındaki bileşke noktasını ifade eden basınç merkezidir. Tek bir kuvvet platformunda sağ ve sol ayağın CoP'lerin hesaplanan net toplamı her iki ayağın arasında yer alır. Toplam CoP, CoG ile ilişkili ancak birebir aynı olmayan bir parametredir. CoP'nin, CoG ve postural sınımlar ile eş anlamlı kullanımı literatürde sık görülen bir hatadır.[50]

Postural değişiklikler, CoG ve CoP'nin farklı yönlerdeki translasyonuyla sonuçlanmaktadır. Postürün öne doğru eğilmesiyle birlikte CoG'nin kabul edilebilir destek yüzeyde tutulması amacıyla postural kontrol sistemleriyle oluşturulan ayak bileği, kalça ve kombine stratejileri, CoP'nin anterior translasyonuna yardımcı olmaktadır.(Resim 8)



Resim 8: CoG'nin destek yüzeyinde tutulmasında ayak bileği, kalça ve kombine stratejiler[50]

3.5) Plantar Basınç Ölçümü:

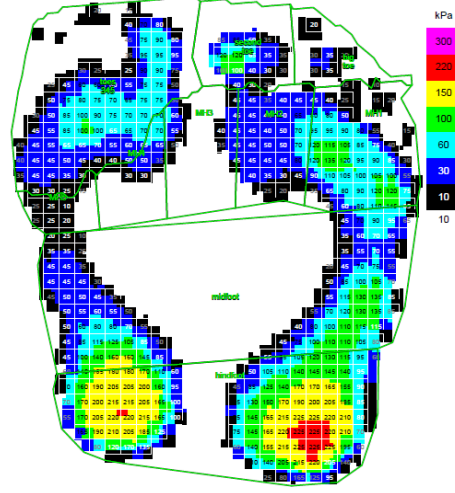
Tarihsel anlamda plantar yüzey ve basınç değerlendirmeleriyle ilgili teknikler çeşitli aşamalardan geçerek günümüzdeki modern pedobarografi cihazlarına kadar süregelmiştir. Belly'nin 1882 yılında içine çabuk donan alçı konulmuş ince cidarlı torbalar üzerine hastaları çıplak ayak ile bastırarak ayak tabanı kalıpları aldığı bilinmektedir. Ayak taban basıncının ölçümüyle ilgili en eski teknik ise 1935 yılında Morton tarafından geliştirilen semikantitatif yöntemdir. Pedobarografi ile plantar basınç ölçümleri 1980'li yıllardan itibaren başlamıştır.[55]

Yürüme analizinin bir tamamlayıcısı olan plantar basınç ölçümü (pedobarografi), dinamik yüklenme sırasında yer tepki kuvvetinin hassas bir şekilde ve noktasal olarak ölçülmesine olanak sağlamaktadır. Hastaların kendi içinde ve normal olgularla karşılaştırılmasını sağlaması açısından verilerin belli bir standardizasyon dahilinde kaydedilmesi söz konusudur.[56, 57] Pedobarografi yürüme analizinin bir parçası olarak kullanılabileceği gibi hasta eğitimi, takibi ve tedavi planlaması amacıyla tek başına da kullanılabilir.[58]

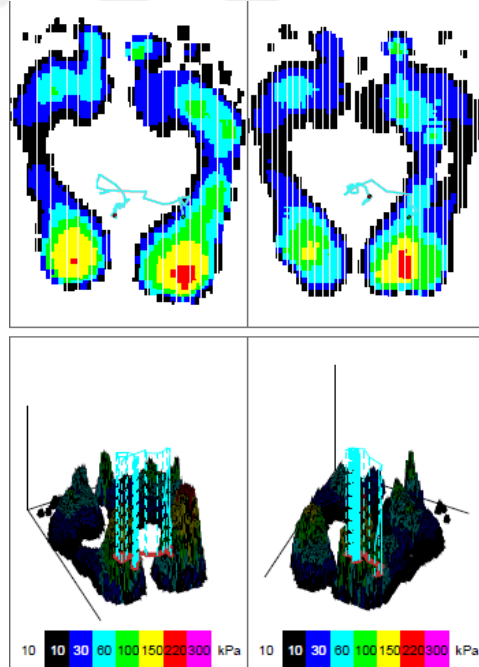
Ayak mekaniğinin bozukluğuna yol açan diyabetik ayak, ayak deformiteleri, diz/kalça osteoartriti ve deformiteleri ile tüm bu rahatsızlıkların ameliyat sonrası değerlendirmeleri, pedobarografinin ortopedide geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlamıştır. Son yıllarda omurga deformitelerinin plantar basınç dağılımına etkisinin araştırılan yayınlar literatürde yer almaya başlamıştır.[56, 59, 60]

Plantar basınç ölçümü için kullanılan sistemler kabaca kuvvet platformu ya da ayakkabı içerisine yerleştirilebilen sensörler, bilgiyi edinen, depolayan ve yorumlanmasını sağlayan bilgisayar ve verilerin görüntülediği bir monitörden oluşmaktadır. Hassas ölçüm için gerekli olan sensör sayısı, her bir sensörden gelen verinin sayısal olarak fazlalığına ve dolayısıyla klinik yorumlamada zorluklara yol açmaktadır. Sistemdeki bilgisayarlara yüklenen maskeleme yazılımları, plantar yüzeyin belirli alanlara bölünerek daha genel anlamda incelenmesi ve veri analizlerinin kolaylaşmasını sağlamaktadır.(Resim 9) Yazılımlar ayrıca

plantar bölgelerdeki maksimum basınç alanlarının sayısal değerlerine korele olarak renklendirilmesi ve 3 boyutlu görsel analiz çıktılarının oluşturulmasını sağlamaktadır.[58] (Resim 10)



Resim 9: Plantar bölgenin maskelemesi



Resim 10: Pedobarografi görsel analiz çıktısı

4.GEREC VE YÖNTEMLER:

4.1) Araştırmanın Türü:

Araştırma, kesitsel analitik çalışma olarak planlanmıştır.

4.2) Araştırmanın Yeri:

Araştırma dahilinde, hasta ve kontrol gruplarındaki olguların fizik muayene ve radyolojik değerlendirmeleri Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji kliniğinde yapılmıştır. Denge ve pedobarografik değerlendirmeleri ise Dokuz Eylül Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yürüme Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Araştırma için Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 19.03.2015 tarih, 2017-GOA protokol numaralı, 2015/09-13 karar numaralı etik kurul onayı alınmıştır.

4.3)Araştırmanın Evreni ve Örneklemi:

NCSS-PASS istatistik programı ile iki ortalama arasındaki farktan yola çıkılarak yapılan güç analizinde, literatürdeki benzer bir çalışmaya[61] ait tedavi görmüş hiperkifotik birey ve normal birey gruplarındaki dinamik denge ölçüm değerleri ortalamaları ve sapma değerleri (5.8 ± 1.8 ve 4.3 ± 0.8) ile 0.80 güç ve %95 güven aralığında çalışma ve kontrol gruplarının her birinde en küçük örnek büyüklüğü 12 kişi olmak üzere, toplam örneklem hacmi 24 kişi olarak öngörülmüştür.

Çalışma grubu için 15-35 yaş arası, Cobb ile ölçümle 50 derece ve üzeri torakal/torakolomber kifoza (scheuermann, postural vb. nedenli) sahip, omurga ve alt ekstremitte cerrahi öyküsü olmayan, mevcut radyolojik görüntülemeleri sagittal denge değerlendirmesi için uygun (tüm omurga ve pelvisi içeren), nörolojik hastalık öyküsü olmayan bireyler dahil edilmiştir. Kontrol grubu, 15-35 yaş arası, farklı sebeplerle benzer

grafi incelemeleri yapılmış olan ya da başka merkezlerde omurga grafisi çektilererek Dokuz Eylül Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji kliniğine referans edilmiş olan, sagittal denge değerlendirmesi için mevcut radyolojik görüntülemelerinde hiperkifoza bulunmayan, omurga ve alt ekstremiteler cerrahi öyküsü ve deformitesi olmayan, herhangi bir nörolojik hastalık öyküsü olmayan bireylerden oluşturulmuştur.

4.4) Araştırmanın Değişkenleri:

Demografik özellikler ve hiperkifoza varlığı bağımsız, statik-dinamik denge analizi ve pedobarografik ölçüm parametreleri bağımlı değişken olarak belirlenmiştir.

4.5) İstatistik Analizlerin Tanımlanması:

Araştırma verileri median (min-max) ve yüzde dağılımlarla ifade edilmiştir. Bağımsız değişken olan, hiperkifoza ve normal grupların her birindeki örneklem sayısının(n) küçük olması sebebiyle, iki grubun ölçümlerle elde edilen sıralı verilerinin dağılımının karşılaştırılmasında Mann Whitney U testi, kategorik verilerin karşılaştırılmasında ki-kare testi uygulanmıştır. Değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkilerinin değerlendirilmesinde Pearson korelasyon testi kullanılmıştır. Cohen sınıflamasına uygun olarak korelasyon katsayısının 0.10-0.29 arasındaki değerleri düşük, 0.30-0.49 arasındaki değerleri orta, 0.50 ve üstü değerleri kuvvetli korelasyon olarak değerlendirilmiştir. p değeri 0.05 veya daha düşük olan sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

4.6) Veri Toplama Araçları:

Tüm veriler hazırlanan bir değerlendirme formu üzerine kaydedilmiştir.(Bkz. Ek-1). Katılımcıların değerlendirmesinde demografik bilgiler sorgulanmıştır. Tüm katılımcıların demografik özellikleri olan yaş, boy, kilo, vücut kitle indeksi (VKİ) kaydedilmiştir.

Tüm katılımcıların spinopelvik dizilimleri radyolojik olarak değerlendirilmiştir. Denge ve postural kontrol değerlendirmeleri için statik denge testi ve postural kontrol stabilite testleri (LOS) uygulanmıştır. Plantar basınç değerlendirmeleri için pedobarografik inceleme yapılmıştır.

4.6.1) Radyolojik Değerlendirme:

Araştırma örnekleri seçiminde radyolojik olarak, Horton ve ark.'nın[36] tanımladığı üzere ayakta rahat durur pozisyonda, başı dik karşıya bakar şekilde, her iki üst ekstremitesi 90 derece öne fleksiyonda olacak şekilde çekilmiş ve omurga röntgenogramları tüm omurga ve pelvisi incelemeye uygun olgular seçilmiştir. Röntgenogramlarda TK, LL, PI, PT ve C7 yük hattının S1 omurgaya uzaklığı tek bir ortopedist tarafından değerlendirildi.(Resim 11) Sagittal spinopelvik değerlendirme için omurga düzeyindeki gerekli olan açıların ölçümü için Cobb metodu kullanıldı. Cobb metoduna uygun olarak deformitenin proksimal ve distal uç omurlarının belirlenmesini takiben, son plaklara paralel çizilen çizgilerden alınan dikmeler arasındaki açı ölçümü yapıldı. Olgular eşlik edebilecek frontal plan deformiteleri açısından ön arka röntgenogramları ile değerlendirildi. Frontal plan deformitesi bulunan olguların eğrilikleri yine Cobb metodu kullanılarak ölçüldü.[62] Hiperkifoz grubunda etyolojiye yönelik değerlendirme için Sorensen'in tarif ettiği kriterlerden faydalanıldı.[23]

4.6.1.1) Radyolojik Parametreler

1) Torakal kifoz (TK) açısı: T4 omurga üst son plağa çizilen paralel çizgi ile T12 omurga alt son plağa çizilen paralel çizginin arasındaki açının Cobb yöntemiyle ölçülmesiyle elde edildi.[17]

2) Lomber lordoz (LL) açısı : L1 omurga üst son plağa çizilen paralel çizgi ile L5 omurga alt son plağa çizilen paralel çizginin arasındaki açının Cobb yöntemiyle ölçülmesiyle elde edildi.[63]

3) C7 yük hattı değerlendirmesi: C7 vertebra cisminin ortasından aşağı dik çizilen hattın, S1 omurga cisminin üst son-plağının posterosüperior köşesine olan uzaklığının milimetre

cinsinden değeri olarak ölçüldü. Bu hattın S1 omurga posterosüperior köşesinin önünden geçmesi durumunda pozitif, arkasından geçmesi durumunda negatif sayısal değer olarak değerlendirildi.[9]

4) Pelvik insidans (PI) açısı: Sakral üst büyüme plağının orta noktasına çizilen dik bir çizgi ile femur başı aksına çizilen çizgi arasındaki açı olarak ölçüldü. Femur başlarının süperpoze olmadığı durumda her iki femur başının orta noktalarını birleştiren çizginin tam ortası femur başı aksı olarak değerlendirildi ve buna uygun açı ölçümü yapıldı.[12]

5) Pelvik tilt (PT) açısı: Femur başı aksı ile sakrum üst son plağı orta noktasını birleştiren çizgi ile vertikal aks arasındaki açı olarak ölçüldü.[14]

6) Frontal plan eğriliklerinin değerlendirilmesi: Ön arka röntgenogramlarda eğriliğin üst end vertebrasının üst yüzeyi ve alt end vertebrasının alt yüzeyine çizilen dik çizgilerin arasındaki açı skolyoz açısı olarak değerlendirildi.



Resim 11: Örnek olguya ait radyolojik değerlendirme

4.6.2) Statik Denge ve Postural Kontrolün Değerlendirilmesi:

Araştırmada statik denge ve postural kontrolün değerlendirilmesi için Balance Master Denge ve Performans Cihazı (NeuroCom System Version 8.1.0, B 100718, 1989-2004 NeuroCom® International Inc. USA) kullanılmıştır. Bu cihaz kişilerin günlük aktivitelerini simüle eden hareketler sırasındaki statik ve dinamik denge parametrelerini ölçmektedir. Sistem sahip olduğu kristal yapıdaki alıcıların, kendilerine dışarıdan uygulanan basınç miktarı ile orantılı olarak elektrik üretebilen özelliği sayesinde kayıtlama yapar ve içeriğindeki bilgisayar desteği ile denge ölçümlerini gerçekleştirir.[64] Araştırmada statik koşuldaki yerçekimi merkezi (CoG) izdüşümü ve salınım hızı değerlendirmeleri ve postural kontrol stabilite limitleri testi (LOS) yapıldı.

4.6.2.1) Statik Denge ve Yerçekimi Hizası Değerlendirmesi:

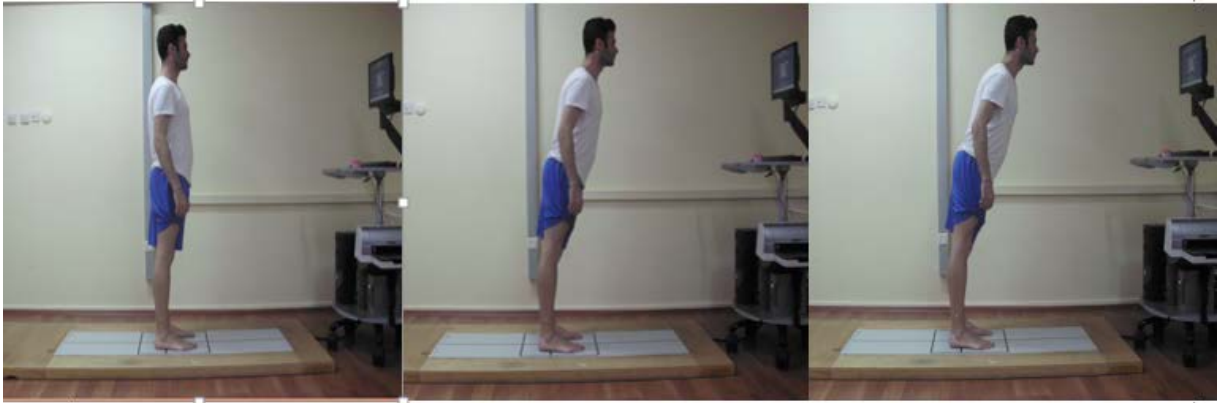
Gözler açık, dik duruş pozisyonunda yer çekimi merkezi (CoG) hizası (alignment) ve ortalama salınım hızı (mean sway velocity) değerlendirildi. (Resim 12) CoG hizası cihazın ölçümüne göre ön, orta ve arkada olacak şekilde kategorize edilerek kaydedildi. Ortalama CoG salınım hızı derece/saniye (deg/sec) cinsinden ölçülerek kayıt altına alındı.



Resim 12: Balance Master Denge ve Performans Cihazında Statik Denge Değerlendirilmesi

4.6.2.2) Postural Kontrol Stabilite Limitleri Testi:

Günlük hareketlerin simüle edildiği ön, arka, sağ, sol ve ara yönlerde yapılan vücut eğilmesi ile yerçekimi merkezinin hedef alana yönlendirilmesi sırasındaki bazı parametreler değerlendirilir. Olguların cihaz tarafından verilen sesli ve görsel komutlara göre mümkün olduğunca seri olmak şartıyla, monitörde yer çekimi merkezini temsil eden noktayı belirtilen hedef alanlara yönlendirmesi istendi. (Resim 13) Olguların teste uyumu açısından en az 3 kez test tekrarlama yapılarak, en iyi kontrol değerleri kayıt altına alındı. Test sonunda cihaz tarafından yönlendirmeye ait saniye cinsinden reaksiyon zamanı (RT), derece/saniye cinsinden hareket hızı (MVL) ile yüzde cinsinden ulaşılan maksimum nokta (EPE), ulaşılan maksimum uzaklık (MXE) ve hareket kontrolü (DCL) parametreleri değerlendirildi. (Resim 14)



Resim 13: Stabilite limitleri testinin uygulama görüntüsü

Postural kontrol ve stabilite limitleri testinde değerlendirilen parametreler: [65]

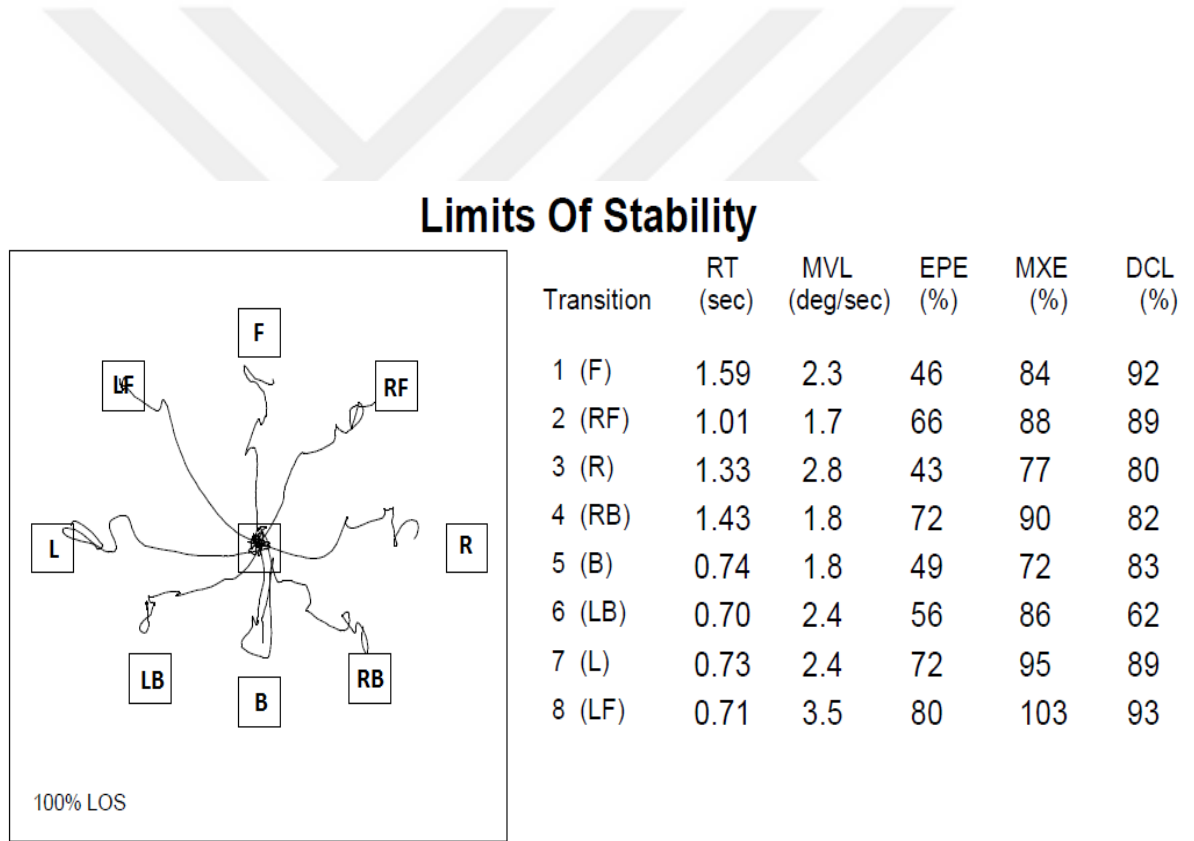
1) Reaksiyon zamanı (RT): Hastanın kuvvet platformunda iken cihaz tarafından verilen sesli ve görsel komut ile gövdesinin harekete geçme anına kadar geçen süredir.

2) **Hareket hızı (MVL):** Her bir saniyede hastanın yer çekimi merkezinde açığa çıkan derece cinsinden hareket hızıdır.

3) **Ulaşılan son nokta (EPE):** Hedef alana doğru hareket ederken hareket yörüngesi üzerinde düzeltme yapmadan önceki son noktadır. Yüzdesele değer cinsinden ifade edilir.

4) **Ulaşılan maksimum uzaklık (MXE):** Hedef noktaya olan uzaklıktır. Yüzdesele değer cinsinden ifade edilir.

5) **Hareket kontrolü (DCL):** Hastanın hedeflenen farklı noktalara gitme anındaki hareket doğrusallığı incelenir. Değerlendirme yüzdesele değer cinsinden ifade edilir.



Resim 14: Örnek olguya ait postural kontrol ve stabilite limitleri testi raporu. Raporda olgunun vücut ağırlık merkezini görsel ve işitsel komutlar sonrası merkezden çevredeki 8 adet alana yönlendirmesini gösteren topografik görüntü (solda) ve her bir alana yönlendirme sırasındaki reaksiyon zamanı (RT), hareket hızı (MVL), ulaşılan son nokta (EPE), ulaşılan maksimum uzaklık (MXE) ve hareket kontrolü (DCL) parametrelerinin kantitatif sonuçları (sağda) görülmektedir.

4.6.3) Plantar Basınç Değerlendirmesi:

Olguların plantar basınç değerlendirmelerinde EMED™ (Novel Inc., Munich) pedobarografi cihazı kullanıldı. Bu cihaz bipedal duruş ve yürüme sırasında plantar temas alanı ve plantar yük dağılımlarını ölçerek ayak postürü hakkında bilgi vermektedir. Sistem yere temas eden ayağın dinamik olarak ve objektif kriterler dahilinde oluşturduğu basıncın karşılaştırılmasını ve değerlendirilmesini sağlar.[57] Cihaz sahip olduğu transdüserler sayesinde dışarıdan uygulanan basınç miktarı ile orantılı olarak elektrik üretebilen özelliği sayesinde kayıtlama yapar. Cihaz 3x1 m'lik ahşap platform üzerine monte edilmiş olup, 60 Hz örnekleme hızı ve cm²'de 4 alıcı içeren 61 x 32.3 cm boyutlarında bir yüzeye sahiptir. Araştırmada katılımcılardan çıplak ayakla günlük hayattaki yürüme şekillerini değiştirmeden ahşap platform üzerinde yürümeleri istendi.(Resim 15) Katılımcıların ölçüm sırasında platform üzerine basmadan önce en az iki serbest adım attıktan sonra (two-step initiation protocol) sol ayaklarını platforma basarak geçmeleri istendi. Test 3 kez tekrarlandı.[66] İki adım protokolünün, tek adım ve midgait protokollerine olan üstünlüğü gösterilmiştir.[67] Önceki çalışmalarda belirtildiği üzere sağ ve sol ayak plantar basınç değerlerinin birbirinden farklılık göstermemesi sebebiyle, hiperkifoz ve normal olguların sol ayak pedobarografik incelemeleri yapıldı.[56]



Resim 15: Pedobarografi uygulaması

Pedobarografi ölçümünün topuk, orta ayak, metatars başları ve tüm parmaklara ait temas alanlarında değerlendirilen parametreleri:

1)Maksimum Kuvvet (N): Ayağın belirli bir bölgesinde ölçülen en yüksek kuvvet miktarına maksimum kuvvet adı verilir. Maksimum kuvvetin ayağın fonksiyonlarının belirlenmesinde en önemli biyomekanik parametre olduğu bilinmektedir.

2)Tepe Basınç (N/cm²): Dinamik plantar basınç dağılımı ölçümü yapılırken kullanılan platform üzerindeki her bir alıcı için ölçülen en yüksek basınç değeridir.

3)Basınç-Zaman İntegrali ((N/cm²)*s): Plantar basınç dağılımını ölçmek amacıyla yapılan yöntemlerden birisi basınç-zamanı integrali olarak belirlenmiştir. Tepe basıncı-zaman grafiğinde eğrinin altında kalan alanı ifade etmektedir.

4)Kuvvet-Zaman İntegrali (N*s): Basınç-zaman integrali ile uyumlu olarak kuvvet-zaman eğrisinin altında kalan alan olarak ifade edilmektedir. Ayağın yerle temas eden alanından bağımsız olarak ayağın bir bölgesinin, birim zamanda ne kadar kuvvet altında olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

5)Temas Zamanı (ms): Yürüme fazında, topuk vuruşunun ardından gelen taban temasının başladığı an ile topuk kalkışına kadar geçen sürenin milisaniye cinsinden ölçümüdür.

6)Temas Alanı (cm²): Taban teması sırasında ayağın platform üzerinde kapladığı alanın santimetre kare cinsinden ölçümüdür.

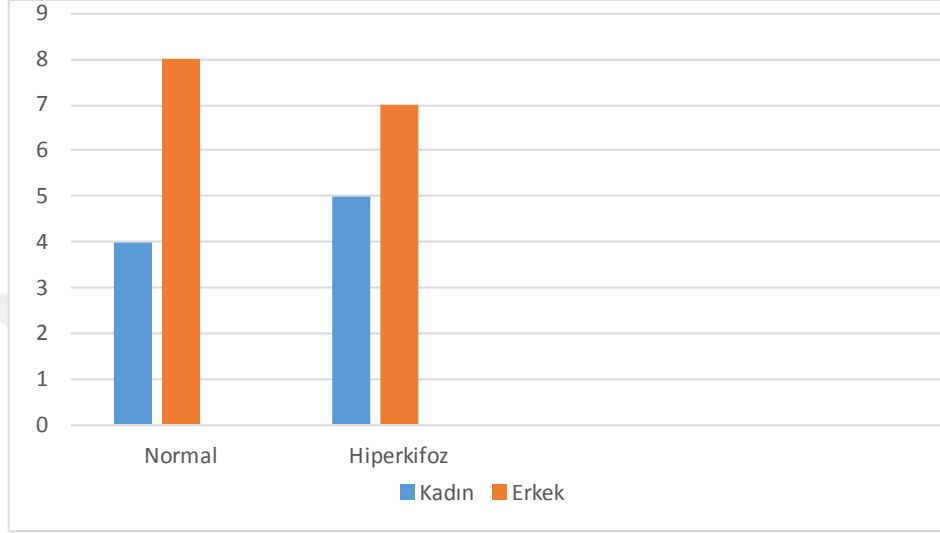
5. BULGULAR:

Araştırmada hiperkifoz grubunda ortalama yaşları 18,75 (13-32) olan 12 olgu ile kontrol grubunda ortalama yaşları 19.75 (14-29) olan 12 olgu olmak üzere, toplamda 24 olgu değerlendirmeye alındı. Grupların yaş, boy, kilo ve VKİ gibi demografik özelliklerinin farklılık göstermediği saptandı. ($p>0.05$) Grupların demografik özellikleri yönünden karşılaştırılması Tablo 2’de gösterilmiştir. Normal grupta 4 kadın, 8 erkek ve hiperkifoz grubunda ise 5 kadın, 7 erkek bulunmaktaydı.(Şekil 9) Hiperkifoz grubundaki olguların tümü sağ el dominansına, kontrol grubundaki olguların ise 2 tanesi sol, 10 tanesi sağ el dominansına sahipti.

Tablo 2: Grupların demografik verilerinin karşılaştırılması.

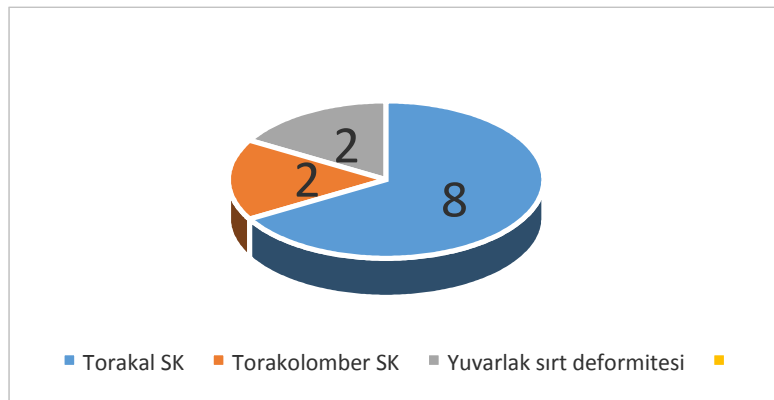
Demografik Veri	Gruplar	Ortalama	Aralık	Standart Sapma	p
Yaş	Normal	18,750	13-32	5,224	0,792
	Hiperkifoz	19,750	14-29	5,528	
Boy (cm)	Normal	168,750	145-182	10,287	0,931
	Hiperkifoz	170,416	158-189	9,029	
Kilo (kg)	Normal	60,666	35-80	12,907	0,562
	Hiperkifoz	65,333	48-81	15,387	
Vücut kitle indeksi (kg/m ²)	Normal	27,591	16-28,5	3,128	0,862
	Hiperkifoz	22,758	16,5-33,5	5,670	

Hiperkifoz grubunda olguların etyolojik dağılımında 10 olguda Scheuermann kifoz, 2 olguda yuvarlak sırt deformitesi bulunmaktaydı. Scheuermann kifoz bulunan olguların 8'inde torakal, 2'sinde ise torakolomber Scheuermann kifoz bulunmaktaydı. (Şekil 10)



Şekil 9: Graplarda cinsiyet dağılımları

Hiperkifoz grubunda mevcut deformiteye 1 hastada 16 derece sağ torakal, 1 hastada 40 derece sağ torakal ve 1 hastada 12 derece sol torakal skolyoz eşlik etmekteydi.



Şekil 10: Hiperkifoz grubunun etyolojik dağılımı

Normal grupta ortalama TK açısı 35.9 derece (24°-46°), hiperkifoz grubunda ortalama TK açısı 68.3 derece (52°-88°) olarak saptandı. LL açısı açısından her iki grup arasında anlamlı fark saptandı.(p=0.05) PI, PT ve C7 yük hattının S1 posterosüperior köşe uzaklığı açısından her iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı. (p>0.05) (Tablo 3)

Tablo 3: Grupların sagittal spinopelvik verilerinin karşılaştırılması. (**TK:** Torakal kifoz, **LL:** Lomber lordoz, **PI:** Pelvik insidans, **PT:** Pelvik tilt, **C7 Yük Hattı:** Servikal 7. omurga yük hattı)

Sagittal Spinopelvik Dizilim	Gruplar	Ortalama	Aralık	Standart Sapma	p
TK (derece)	Normal	35,91	24-46	7,19	0
	Hiperkifoz	68,3	52-88	12,51	
LL (derece)	Normal	41,16	28-50	5,96	0,05
	Hiperkifoz	51,16	28-74	14,14	
PI (derece)	Normal	37,91	20-49	8,97	0,224
	Hiperkifoz	42,33	22-56	11,12	
PT (derece)	Normal	10,16	6-25	5,23	0,182
	Hiperkifoz	14,25	0-28	8,68	
C7 Yük Hattı (mm)	Normal	-17	-70 - 60	39,03	0,487
	Hiperkifoz	-3,9	-60 - 80	43,13	

Torakal kifoz açısının, diğer sagittal spinopelvik parametrelerle olan ilişkisi Tablo 4’de gösterilmiştir. TK açısı ile LL açısı arasında pozitif yönde kuvvetli korelasyon saptandı. ($p<0.05$) TK ile diğer sagittal spinopelvik parametreler olan PI, PT ve C7 yük hattının S1 posterosüperior köşesine olan uzaklığı arasında anlamlı korelasyon saptanmadı. ($p>0.05$)

Tablo 4: TK açısının diğer spinopelvik dizilim değerleri ile korelasyonu

	Torakal Kifoz	
	r	p
Lomber Lordoz	0,573	0,03
Pelvik İnsidans	0,128	0,552
Pelvik Tilt	0,239	0,260
C7 Yük Hattı	0,132	0,540

Statik duruşta normal grupta yerçekimi merkezi ortalama salınım hızı (CoG mean sway velocity) 0.36 ± 0.07 deg/sec, hiperkifoz grubunda ise 0.34 ± 0.07 deg/sec olarak saptandı. Gruplar arasında CoG ortalama salınım hızı açısından anlamlı fark saptanmadı. ($p=0.488$) CoG izdüşümünün ön, orta ve arka bölge yerleşimleri açısından her iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı. ($p=0.865$) CoG izdüşümlerinin gruplara göre göre dağılımları Tablo 5’de gösterilmiştir. CoG izdüşümü ile C7 yük hattının S1 posterosüperior köşesine olan uzaklığı arasında anlamlı korelasyon saptanmadı. ($p=0.262$)

Tablo 5: Olguların CoG (yerçekimi merkezi) izdüşümlerinin gruplara göre dağılımı

	COG			TOPLAM
	ÖN	ORTA	ARKA	
Normal	4 (%33.3)	2 (%16.7)	6 (%50)	12 (%100)
Hiperkifoz	4 (%33.3)	3 (%25)	5 (%41.7)	12 (%100)

Pedobarografik incelemede kontrol ve hiperkifoz grupları arasında anlamlı fark saptanmadı.($p>0.05$) (Tablo 6-7)

Tablo 6: Gruplar arası pedobarografik maksimum kuvvet, kuvvet zaman integrali ve tepe basıncı verilerinin karşılaştırılması. (**Ort:** Ortalama, **SS:** Standart sapma, **MB1:** 1.metatars başı, **MB2:** 2.metatars başı, **MB3:** 3.metatars başı, **MB4:** 4.metatars başı, **MB5:** 5.metatars başı, **BP:** Baş parmak, **3.4.5.P:** 3.4.5. parmaklar)

	Maksimum Kuvvet (N)			Kuvvet- Zaman İntegrali (N*s)			Tepe Basıncı (kPa)		
	Normal (Ort±SS)	Kifoz (Ort±SS)	p	Normal (Ort±SS)	Kifoz (Ort±SS)	p	Normal (Ort±SS)	Kifoz (Ort±SS)	p
Toplam	734±238	745±214	0,817	6809±2493	6503±3743	0,686	275±132	369±125	0,065
Arka	453±167	448±132	0,862	3046±1230	2845±1925	0,355	240±61	243±81	0,954
Orta	175±92	168±117	0,862	993±789	1029±958	0,729	150±95	163±77	0,525
MB 1	178±48	196±80	0,773	963±318	975±552	0,954	140±71	146±77	0,729
MB 2	84±52	100±61	0,644	367±170	425±254	0,525	110±84	139±106	0,506
MB 3	58±50	47±33	1,000	206±153	138±68	0,603	113±99	125±92	0,707
MB 4	97±35	92±40	0,644	522±213	563±321	0,954	101±39	119±63	0,908
MB 5	87±50	77±51	0,488	387±251	400±237	0,862	122±74	127±76	0,750
Baş Par.	23±26	16±24	0,600	71±83	30±46	0,449	81±81	60±69	0,483
2. Par.	28±25	38±31	0,603	61±48	87±76	0,285	113±127	176±142	0,435
3.4.5.Par.	34±41	30±36	0,707	188±271	218±389	0,773	72±58	57±35	0,451

Tablo 7: Gruplar arası pedobarografik basınç-zaman integrali, temas alanı ve temas zamanı verilerinin karşılaştırılması. (**Ort:** Ortalama, **SS:** Standart sapma, **MB1:** 1.metatars başı, **MB2:** 2.metatars başı, **MB3:** 3.metatars başı, **MB4:** 4.metatars başı, **MB5:** 5.metatars başı, **BP:** Baş parmak, **3.4.5.P:** 3.4.5. parmaklar)

	Basınç-Zaman İntegrali (Kpa*s)			Temas Alanı (cm ²)			Temas Zamanı (%ROP)		
	Normal (Ort±SS)	Kifoz (Ort±SS)	p	Normal (Ort±SS)	Kifoz (Ort±SS)	p	Normal (Ort±SS)	Kifoz (Ort±SS)	p
Toplam	1154±532	1361±641	0,419	218±38	189±50	0,298	100±0	100±0	1,000
Arka	1058±510	1122±497	0,686	59±9	57±11	0,931	99±0	99±1	0,482
Orta	615±357	704±285	0,225	45±12	39±18	0,386	98±2	98±1	0,589
MB 1	797±450	813±430	0,773	33±5	28±7	0,083	87±24	91±12	0,399
MB 2	2046±5698	570±303	0,525	17±4	14±6	0,214	93±4	90±11	0,977
MB 3	488±308	416±216	0,326	10±5	8±4	0,326	90±7	93±4	0,665
MB 4	571±194	650±422	0,773	17±4	15±4	0,297	88±15	92±3	0,862
MB 5	573±241	683±491	0,908	13±2	12±3	0,094	88±13	93±2	0,297
BP	283±216	144±156	0,146	4±5	3±2	0,600	50±44	35±33	0,642
2. P.	257±176	427±343	0,083	5±3	4±3	0,505	65±39	61±41	0,470
3.4.5.P.	308±241	284±286	0,686	10±8	8±8	0,355	80±25	70±30	0,325

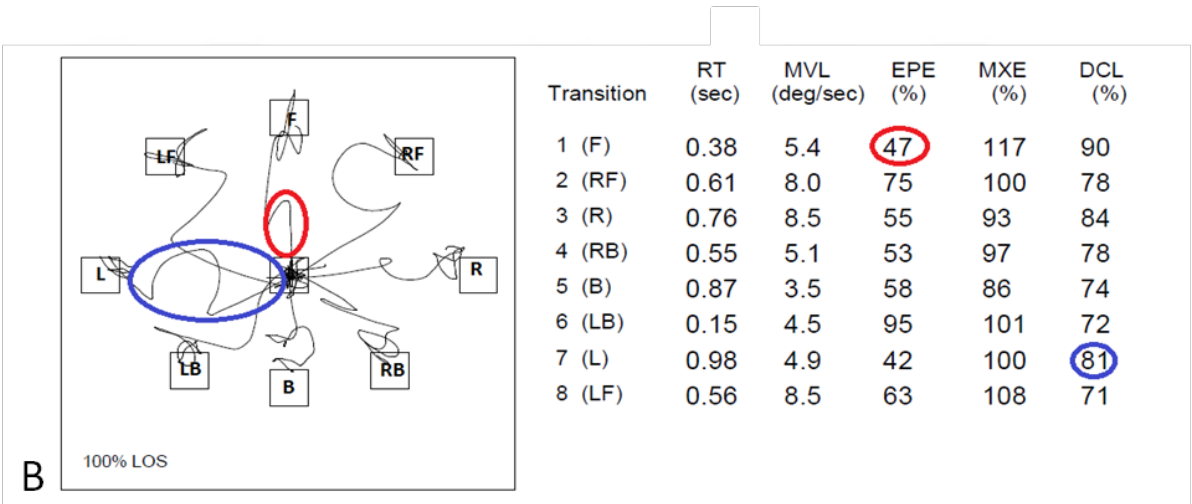
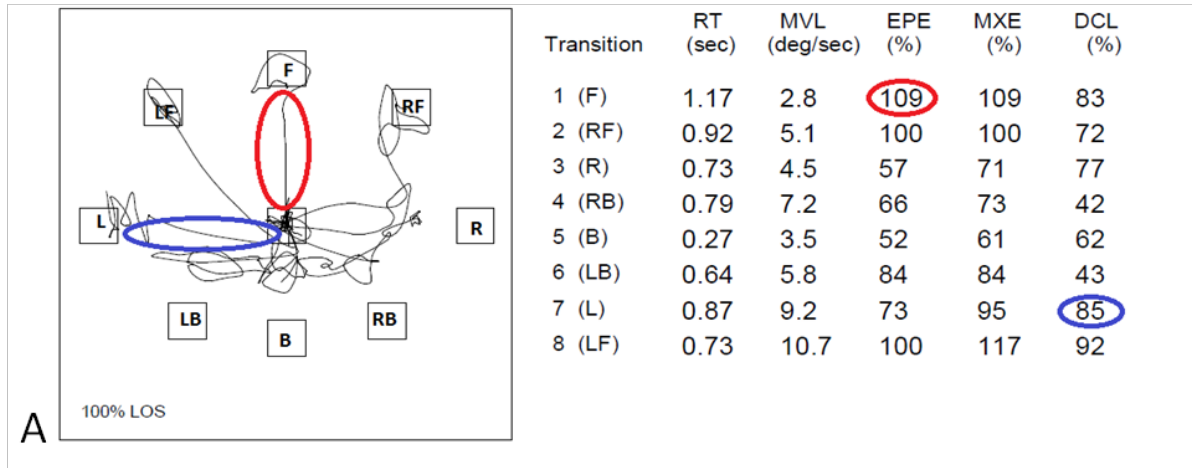
Stabilite limitleri testi açısından baktığımızda, normal grupta öne doğru ulaşılan maksimum nokta (%62.1±21.4) ile hiperkifoz grubunda öne doğru ulaşılan maksimum nokta (%85.2±16.9) arasında anlamlı fark saptandı.(p=0.019) Ayrıca her iki grup arasında sola doğru olan hareket kontrolü arasında anlamlı fark saptandı.(p=0.04) Diğer stabilite limitleri parametrelerinin değerlendirmesinde, iki grup arasında anlamlı fark saptanmadı.(p>0.05) (Tablo 8-9) Hiperkifoz ve kontrol gruplarındaki örnek olgulara ait stabilite limitleri test diagramı örnekleri karşılaştırması Resim 16'da gösterilmiştir.

Tablo 8: Normal ve hiperkifoz gruplarının, stabilite limitleri testine ait reaksiyon zamanı ve hareket hızı sonuçlarının karşılaştırılması

Stabilite Limitleri Parametreleri	Gruplar	Ortalama	Standart Sapma	p
Reaksiyon Zamanı Ön (sn)	Normal	1,304	0,543	0,862
	Hiperkifoz	1,288	0,400	
Reaksiyon Zamanı Arka (sn)	Normal	0,680	0,410	0,418
	Hiperkifoz	0,760	0,340	
Reaksiyon Zamanı Sağ (sn)	Normal	1,370	0,637	0,453
	Hiperkifoz	1,230	0,615	
Reaksiyon Zamanı Sol (sn)	Normal	0,805	0,387	0,453
	Hiperkifoz	0,916	0,441	
Reaksiyon Zamanı Bileşik (sn)	Normal	1,050	0,260	0,386
	Hiperkifoz	0,994	0,286	
Hareket Hızı Ön (derece/sn)	Normal	3,225	1,359	0,840
	Hiperkifoz	2,866	0,896	
Hareket Hızı Arka (derece/sn)	Normal	2,325	1,389	0,451
	Hiperkifoz	2,433	1,103	
Hareket Hızı Sağ (derece/sn)	Normal	3,533	1,861	0,773
	Hiperkifoz	3,650	1,948	
Hareket Hızı Sol (derece/sn)	Normal	4,016	1,440	0,908
	Hiperkifoz	4,516	2,063	
Hareket Hızı Bileşik (derece/sn)	Normal	3,241	0,824	0,839
	Hiperkifoz	3,408	1,405	

Tablo 9: Normal ve hiperkifoz gruplarının, stabilite limitleri testine ait ulaşılan maksimum nokta, ulaşılan maksimum uzaklık ve hareket kontrolü sonuçlarının karşılaştırılması

Stabilite Limitleri Parametreleri	Gruplar	Ortalama	Standart Sapma	p
Ulaşılan Maksimum Nokta Ön (%)	Normal	62,166	21,412	0,019
	Hiperkifoz	85,250	16,944	
Ulaşılan Maksimum Nokta Arka (%)	Normal	57,833	20,541	0,418
	Hiperkifoz	48,500	12,056	
Ulaşılan Maksimum Nokta Sağ (%)	Normal	59,500	20,904	0,355
	Hiperkifoz	68,000	15,397	
Ulaşılan Maksimum Nokta Sol (%)	Normal	74,666	16,735	0,840
	Hiperkifoz	74,666	20,019	
Ulaşılan Maksimum Nokta Bileşik (%)	Normal	69,083	16,104	0,773
	Hiperkifoz	71,104	10,255	
Ulaşılan Maksimum Uzaklık Ön (%)	Normal	94,500	13,083	0,340
	Hiperkifoz	99,916	9,317	
Ulaşılan Maksimum Uzaklık Arka (%)	Normal	70,083	22,386	0,525
	Hiperkifoz	66,500	16,036	
Ulaşılan Maksimum Uzaklık Sağ (%)	Normal	81,166	8,705	0,954
	Hiperkifoz	82,250	8,925	
Ulaşılan Maksimum Uzaklık Sol (%)	Normal	94,000	10,548	0,729
	Hiperkifoz	91,583	10,578	
Ulaşılan Maksimum Uzaklık Bileşik (%)	Normal	87,333	10,940	0,908
	Hiperkifoz	87,229	7,172	
Hareket Kontrolü Ön (%)	Normal	91,833	3,459	0,469
	Hiperkifoz	90,250	4,956	
Hareket Kontrolü Arka (%)	Normal	72,166	19,953	0,563
	Hiperkifoz	67,333	21,760	
Hareket Kontrolü Sağ (%)	Normal	81,416	11,634	0,728
	Hiperkifoz	83,000	9,165	
Hareket Kontrolü Sol (%)	Normal	79,416	14,798	0,040
	Hiperkifoz	87,416	4,907	
Hareket Kontrolü Bileşik (%)	Normal	77,666	9,735	0,285
	Hiperkifoz	80,541	8,648	



Resim 16: Hiperkifoz (A) ve kontrol (B) gruplarındaki olgulara ait stabilite limitleri test diagramı örneği. Hiperkifotik olgunun öne doğru eğilme sırasında denge kontrolünü normal olguya göre daha geç yaptığı (kırmızı daire) dolayısıyla öne ulaşılan maksimum nokta (EPE) değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Yine hiperkifotik olgunun sola eğilme sırasındaki yerçekimi merkezi salınımlarının normal olguya göre daha dar ve düz olduğu (mavi daire) dolayısıyla sola hareket kontrolü (DCL) değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir.

6. TARTIŞMA:

Hiperkifoz terimi, torakal kifoz açısı artışına bağlı kifotik postür gelişimiyle seyreden bir hastalık grubunu tanımlamaktadır. Farklı etyolojik sebeplerden ötürü oluşabilen ve tedavisi konservatif izlemde cerrahi tedaviye kadar değişebilen bu hastalık grubunun büyük bir kısmını Scheuermann hastalığı ve yuvarlak sırt deformitesi oluşturmaktadır.[1, 19] Araştırmamızdaki hiperkifoz grubunda Sorenson'un radyolojik kriterlerine uygun bulguları olan 10 SK hastası ile 2 yuvarlak sırt deformitesi olan hasta bulunmaktadır.

Hiperkifoz grubundaki hastalıklardaki mevcut torakal kifoz açısının artışı, Debousset'nin enerji konisi kavramına uygun olarak minimum enerji gerektiren dik vücut postürünün ve ideal dengenin tekrardan oluşturulabilmesi için omurga, pelvis ve alt ekstremiteler düzeyinde kompanse edilmeye çalışılır. Kompanzasyonda en önemli ve ilk basamakta yer alan mekanizma spinopelvik sagittal parametrelerdeki değişimlerdir.

Sagittal spinopelvik dizilimin normal sınırlarının bilinmesi, hiperkifozla seyreden hastalıkların tanısı ve takibinde önem arz etmektedir. Ancak bu değerlerin normal kabul edilen sınırları çalışmalar arasında farklılık göstermektedir. Propst-Proctor ve ark.'nın yapmış olduğu 104 normal çocuğa ait T5-T12 arası ölçümlerde, torakal kifoz açısının ortalama 27 derece (21° - 33°) olduğu saptanmıştır.[6] Bir başka çalışmada Mac-Thiong ve ark. 4-18 yaş arası normal çocuk ve adölesandan oluşan 341 olguda, sagittal spinopelvik dizilim parametrelerini ve birbirleri ile olan korelasyonunu değerlendirmişlerdir. Buna göre, TK açısının ortalama $44^{\circ} \pm 10.9^{\circ}$, LL açısının ortalama $48^{\circ} \pm 11.7^{\circ}$, PI açısının ortalama $49.1^{\circ} \pm 11^{\circ}$, PT açısının ortalama $7.7^{\circ} \pm 8^{\circ}$ olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çocuk ve adölesanlar arasında başta TK olmak üzere tüm sagittal dizilim parametrelerinin farklılık gösterdiğini ancak yaş ile korelasyonunun bulunmadığını da eklemişlerdir.[68] Stagnara ve ark.'nın Fransız genç erişkin 100 bireye ait sagittal omurga analizlerinde, ortalama TK açısının 37 derece, LL açısının ortalama 50 derece olduğu gösterilmiştir. Adölesan ve genç erişkin yaş grubundaki 102 sağlıklı bireye ait sagittal düzlem analizini inceleyen başka bir çalışmada Bernhardt ve ark. TK açısını ortalama 36 derece, LL açısını ortalama 44 derece olarak saptamışlardır.[2] Bu çalışmalarla uyumlu olarak, bizim araştırmamızdaki adölesan ve

genç erişkin yaş grubundaki bireylerden oluşan normal gruptaki olgulara ait TK açısı ortalama 35.9 ± 7.1 , LL açısı ortalama 51.19 ± 14.1 olarak saptanmıştır.

Legaye ve ark. skolyoza sahip ve sağlıklı genç erişkin bireyler arasındaki sagittal pelvik dizilim farkını değerlendirdikleri çalışmalarında, sağlıklı 49 bireyde ortalama PI açısını 53.2 derece, ortalama PT açısını 11.9 derece olarak saptamışlardır.[12] Vaz ve ark. ise, genç erişkin 100 sağlıklı bireyde yaptıkları sagittal spinopelvik morfoloji incelemelerinde, PI açısını ortalama 51.7 derece, PT açısını ortalama 12.3 derece olarak saptamışlardır.[69] Araştırmamızda literatürde daha önce yapılan çalışmalara yakın olarak, normal gruptaki bireylere ait PI açısı ortalama $37.9^\circ \pm 8.9$ ve PT açısı ortalama $10.1^\circ \pm 5.2$ olarak saptanmıştır.

Hiperkifozda sagittal spinopelvik dizilimin değerlendirildiği çalışma sayısı sınırlı olmakla birlikte, mevcut çalışmalar tümüyle en sık sebep olan Scheuermann hastalığı üzerinde yoğunlaşmaktadır. Lowe ve ark. 32 SK hastasında yaptıkları radyolojik çalışmada, artmış torakal kifoza sekonder gelişen LL açısında artışın olduğunu ve buna bağlı olarak C7 yük hattının negatif değerlere yöneldiğini belirtmişlerdir.[70] Loder, 34 SK hastasında servikal ve lumbosakral sagittal profili değerlendirdiği çalışmasında, LL ve servikal lordoz açılarındaki artışla beraber hastalarda normal olgulara benzer bir sagittal profil sağlandığını belirtmiştir.[27] Jiang ve ark. 55 adölesan SK hastası ile 60 sağlıklı adölesan olguyu sagittal spinopelvik dizilim açısından karşılaştırdıkları çalışmalarında, SK grubunda TK ve LL açılarının yüksek olduğunu, PI açısının düşük olduğunu ancak C7 yük hattının izdüşümü açısından gruplar arasında fark olmadığını belirtmişlerdir. Yine aynı çalışmadaki torakolomber tip SK hastalarına ait TK, LL ve PI açılarının hem normal olgulara hem de torakal tip SK hastalarına göre düşük olduğu gösterilmiştir.[71]

Mevcut literatür ile uyumlu olarak araştırmamızda, hiperkifoz grubunda normal gruba oranla TK ve LL açılarının birbirleri ile istatistiksel olarak anlamlı ve yüksek düzeyde pozitif korelasyon göstererek arttığı ($p=0.03$) ve C7 yük hattı izdüşümü açısından gruplar arasında anlamlı fark olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Jiang ve ark.'nın çalışmasından farklı olarak

araştırmamızda, PI ve PT açıları açısından gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır. Bu farkın, araştırmamızdaki hiperkifoz grubunun heterojen olarak torakal tip SK, torakolomber tip SK ve yuvarlak sırt deformitesine sahip hastalardan oluşmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. TK açısı ile diğer sagittal spinopelvik parametreler arasında anlamlı korelasyon saptanmamıştır ($p>0.05$). Mevcut bulgular ışığında, hiperkifozda en önemli kompensatuar mekanizmanın lomber lordoz artışı olduğu söylenebilir.

Global sagittal omurga dengesinin tanımlanmasına yönelik literatürde farklı görüşler bildiren çalışmalar mevcuttur. Gelb ve ark. C7 yük hattının sakrumun posterosüperior köşesine göre olan konumu ve uzaklığının global sagittal omurga dengesinin ölçütü olarak, sagittal planda yaklaşık olarak vücut ağırlık merkezinden geçtiğini vurgulamışlardır.[72] Lafage ve ark. 131 olgudan oluşan çalışmalarında, radyolojik olarak ölçülen sagittal spinopelvik parametreler ile kuvvet platformu yardımıyla ölçülen yerçekimi merkezi (CoG) arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışmada C7 yük hattının sakrum posterosüperioruna olan konum ve uzaklığı olarak tanımlanan sagittal vertikal aks (SVA) ile yerçekimi merkezi (CoG) arasında anlamlı korelasyon saptanmamıştır.[17] Benzer şekilde planlanmış bir başka çalışmada Roussouly ve ark. kuvvet platformu ile ölçülen her iki ayak toplam basınç merkezi (CoP) ile C7 yük hattının örtüşmediğini belirtmişlerdir. Van Royen ve ark. 1998’ de yaptıkları bir çalışmada, postural değişikliklerin SVA üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmadaki aynı hastaya ait farklı radyolojik değerlendirmelerde, antropometrik ölçümlerle saptanan küçük değerdeki postural değişimlerin SVA’da belirgin değişikliğe yol açtığı ve bu sebeple SVA’nın preoperatif planlama ve postoperatif sonuç analizlerinde global spinal omurga dengesinin değerlendirmesi için yetersiz olabileceği bildirilmiştir.[73]

Global sagittal omurga değerlendirmesinde kullanılan C7 yük hattı izdüşümü ve yerçekimi merkezinin yaşam kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise, hem C7 yük hattı hem de yerçekimi merkezinin yaşam kalite skorları ile korelasyonunun olduğu ve her iki ölçütün de global omurga dengesini yansıtabileceği bildirilmiştir.[11]

Araştırmamızda Roussouly ve Lafage’nin çalışmalarıyla uyumlu olarak, CoG izdüşümü ile C7 yük hattının S1 posterosüperior köşesine olan uzaklığı arasında anlamlı

korelasyon saptanmamıştır.(p=0.262) CoG izdüşümünün gruplara göre dağılımına bakıldığında ise, normal gruptaki olguların %16.7'sinin, hiperkifoz grubundaki olguların ise %25'inin CoG izdüşümlerinin normal olduğu gözlemlenmiştir. CoG, tüm vücut sagittal dengesinin bir göstergesi olmakla birlikte, tek başına global sagittal omurga dengesinin bir göstergesi olmayabilir. Kalça, diz ve ayak bileği düzeyindeki anlık eklem pozisyonlarının, CoG izdüşümündeki farklılıklarda etkili olabileceğini düşünmekteyiz.

Denge ve postural kontrol görsel, proprioseptif ve vestibüler sistemlerin ortak çalışmasıyla sağlanmaktadır. Kas, kemik ve bağ dokuda bulunan proprioseptif reseptörlerin yanı sıra görsel ve vestibüler organlar yardımıyla oluşturulan duyuşal bilginin hızlı bir şekilde spinal ve serebral seviyelerde değerlendirilmesini takiben oluşan motor cevap mekanizması postural kontrolü oluşturur. Postural kontrolün klinik bir yansıması olan postural salınım statik ve dinamik şartlarda yerçekimi merkezinde ön-arka ve mediolateral yönlerde meydana gelen salınımlardır. Kuvvet platformları yardımıyla hızlı, basit ve kantitatif olarak postural salınımın alanı, hızı, frekansı ve amplitüdünü ölçülerek postural kontrol hakkında öngörülebilir.[74]

Klinisyenlerin denge ölçümünü daha objektif ve kantitatif olarak değerlendirebilmeleri için özellikle son 2 dekada geliştirilmiş olan farklı tanı araçları (isokinetik dinamometreler, bilgisayarlı posturografer, kinetik yürüme bantları vb.) bulunmaktadır. Denge ölçümünün kapsamlı olarak ve farklı komponentlerinin ölçümü için geliştirilen bu cihazların güvenilirliklerinin test-tekrar test tekniği ile ortaya konulması, denge ile ilişkili hastalıkların tanı, tedavi ve takibi açısından önem taşımaktadır.[65] Araştırmamızda kullanmış olduğumuz stabilite limitleri testinin (LOS) güvenilirlik analizi, Handerson ve ark. tarafından, sağlıklı genç erişkin ve yaşlı popülasyonun oluşturduğu 46 olgulu bir çalışmada yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda Balance Master cihazı ile gerçekleştirilen LOS testinin yüksek test-tekrar test güvenilirliğinin olduğu gösterilmiştir.[75] Araştırmamızdaki olguların yaş grubuyla benzer olarak Juras ve ark. 'nın LOS testinin güvenilirliğini araştırdıkları çalışmalarında, ortalama yaşları 22 olan 15 bireyde tekrarlayan LOS testi uygulamaları sonrasında, özellikle ulaşılan maksimum uzaklık olmak üzere tüm LOS parametrelerinin yüksek güvenilirlikte olduğu bildirilmiştir. Ayrıca test sırasında tekrarlayan iki ölçümün güvenilir sonuçların elde edilmesi açısından yeterli olabileceği gösterilmiş olup, her olguda tekrarlayan 3 ölçümün

yapılması önerilmiştir.[76] Araştırmamızdaki olgulara ait en iyi LOS değerlerini elde etmek amacıyla tekrarlayan 3 test sonrası en iyi kontrol değerleri kayıt altına alınmıştır.

Farklı ticari kuruluşlar tarafından üretilen denge ölçüm cihazları ve kuvvet platformlarının değişik yaş gruplarında yapılmış güvenilirlik çalışmaları, bu cihazların klinik ve laboratuvar ortamlarında kullanılabilirlikleri açısından önem arz etmektedir. Araştırmamızda kullanmış olduğumuz NeuroCom® Balance Master cihazı ile genç erişkin yaş grubunda yapılmış olan LOS test sonuçlarının en az muadil cihazlar kadar güvenilir olduğu da gösterilmiştir.[77]

Omurga rahatsızlıklarının postural salınımına etkisini değerlendiren çalışmalar literatürde mevcuttur. Kiers ve ark. nonspesifik kronik bel ağrısı olan hastalarda postural kontrol yetersizliğinin bir göstergesi olarak, normal olgulara oranla postural salınım frekanslarının daha yüksek ve düzensiz olduğunu saptamışlardır.[78] Adölesan idiopatik skolyozun etyolojisinde santral sinir sistemi disfonksiyonunun rolüne yönelik olarak, bu hastalarda denge ve postural salınımı inceleyen çok sayıda çalışma mevcuttur. Gauchard ve ark. 102 hasta üzerinde yaptıkları çalışmalarında, adölesan idiopatik skolyozun ve çeşitlerinin farklı postural salınım paternleri oluşturduğunu göstermişlerdir.[79] Hiperkifoza postural kontrolün değerlendirildiği çalışmalar sıklıkla yaşlı popülasyonda osteoporozla ilişkili hiperkifoza sahip bireylerin incelenmesi üzerine yoğunlaşmaktadır.[80, 81]

Eshraghi ve ark.'nın hiperkifoza sahip adölesanlarda Milwaukee breysinin denge üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, breysleme öncesi ölçümlerde normal bireylere göre hiperkifotik adölesanların statik postural kontrol değerlendirmelerinin farklılık göstermediği belirtilmiştir.[82] Bu çalışma literatürde bulabildiğimiz hiperkifotik adölesanlarda dengenin araştırıldığı tek çalışma olmakla birlikte, araştırmamızda da Eshraghi ve ark.'nın çalışmasıyla uyumlu olarak gözler açık, statik duruşta CoG salınım hızı (deg/sec) açısından hiperkifoz ve normal gruplar arasında anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0.05$). Bu bulgu ışığında, hiperkifoz grubunda statik duruş postural kontrolünün normal bireylere benzer olduğu söylenebilir. Hiperkifoza sahip adölesan ve genç erişkin bireylerin statik postural

kontrolü sağlamada vestibüler, görsel ve proprioseptif basamaklardan herhangi birisini ihmal edip etmediği sorusu ise postural salınımın farklı şartlar altında (gözler kapalı, stabil olmayan yüzey ölçümleri ve kombinasyonları gibi) değerlendirilmesiyle cevaplanabilir.

Araştırmamızdaki normal gruba dahil olan bireylerdeki LOS test sonucu ortalama ve standart sapma değerleri ile kayıt edilen bileşik reaksiyon zamanı (RT) 1.05 ± 0.2 saniye, bileşik hareket kontrolü (DCL) $\%77.6 \pm 9.7$, bileşik hareket hızı (MVL) 3.24 ± 0.82 , bileşik ulaşılan maksimum nokta (EPE) $\%69.08 \pm 16.10$, bileşik ulaşılan maksimum uzaklık (MXE) ise $\%87.33 \pm 10.94$ olarak saptanmıştır. Stabilite limitleri testine (LOS) ait standart normatif değerler bulunmamakla birlikte, Liaw ve ark.'nın, farklı yaş gruplarında statik ve dinamik denge farklılıklarını karşılaştırdıkları çalışmalarında, Balance Master ile LOS testi uygulanan yaş ortalaması 25.2 olan 45 genç erişkin bireyde ortalama bileşik reaksiyon zamanı (RT) 0.7 ± 0.2 saniye, ortalama bileşik hareket kontrolü (DCL) ise $\%78.4 \pm 10.7$ olarak saptanmıştır.[51] Araştırmamızdaki yaş ortalaması 18.7 olan normal gruptaki bireylere ait LOS değerlendirmesi sonucu ortalama bileşik RT, Liaw ve ark.'nın çalışmasından daha yavaş, ortalama bileşik DCL değeri ise yine bu çalışmayla benzer olarak saptanmıştır. Goulding ve ark.'nın obezite ve öncesinde geçirilmiş ön kol kırıklarının statik ve dinamik denge üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, Balance Master ile LOS testi uygulanmış ortalama yaşları 14.9 olan sağlıklı 47 erkek bireyden oluşan kontrol grubuna ait bileşik RT'nin 0.67 ± 0.25 saniye, bileşik hareket hızının (MVL) 5.52 ± 2.24 deg/sec, bileşik DCL değerinin $\%73.8 \pm 10.3$, bileşik ulaşılan son nokta (EPE) değerinin $\%79.3 \pm 14.7$ ve ulaşılan maksimum uzaklık (MXE) değerinin $\%96.8 \pm 8.9$ olarak saptandığı belirtilmiştir.[83] Araştırmamızdaki normal gruba dahil bireylerdeki LOS değerleri bu çalışmadan farklılık göstermektedir. Goulding ve ark.'nın çalışmasına sadece erkek bireylerin dahil edilmesinin yanı sıra, daha önceki bir çalışmada belirtildiği üzere ölçüm sırasındaki ayak anterior posterior uzunluğu ve mediolateral duruş genişliğinin oluşturduğu destek yüzey alanları farklılıklarının, vücudun ağırlık merkezinin o andaki pozisyonunun ve hedefe taşınması gereken vücut ağırlığının ölçümler arasında minör farklılıklara sebep olabileceğini düşünmekteyiz.[76]

Araştırmamızda stabilite limitleri testi sonucunda, normal grupta öne doğru ulaşılan maksimum nokta ($\%62.1 \pm 21.4$) ile hiperkifoz grubunda öne doğru ulaşılan maksimum nokta ($\%85.2 \pm 16.9$) arasında anlamlı fark saptandı. ($p=0.01$) Ulaşılan maksimum nokta, hedef

alana doğru hareket ederken hareket yörüngesi üzerinde düzeltme yapmadan önceki son nokta olarak tanımlanmaktadır. Bu durumun, araştırmamızdaki hiperkifoza sahip bireylerde yükün öne doğru aktarılması sırasında normal gruptaki bireylere göre postural kontrolün daha zor veya geç sağlanmasıyla ilgili olabileceğini düşünmekteyiz. Araştırmamızda ayrıca hiperkifoz grubundaki sola doğru olan hareket kontrolünün, kontrol grubuna oranla anlamlı düzeyde yüksek değerlerde olduğu görülmüştür. ($p<0.05$) Hiperkifoz grubundaki olguların sol el dominansına sahip olmaması sebebiyle, bu durumun serebellar baskınlık ile ilgili olmadığını düşünmekteyiz. Adölesan idiopatik skolyozun genel anlamda dinamik denge ve postural kontrolü etkilediği bilinmektedir.[84] Adölesan idiopatik skolyoza benzer olarak, araştırmamızdaki olgularda da görüldüğü üzere özellikle Scheuermann hastalarında eşlik eden farklı derecelerdeki skolyoz deformitesinin, merkezi sinir sisteminin etkilenmesinin bir sonucu olarak dinamik denge ölçümlerinde farklı sonuçlar oluşturabileceğini düşünmekteyiz. Bu bağlamda benzer morfolojiye sahip daha geniş hasta serilerinde dinamik denge ölçümü ve somatosensöryel uyarılmış potansiyel çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Aydın ve ark. ankilozan spondilit hastalarında ayak plantar basınç dağılımını sağlıklı bireylerle karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada ankilozan spondilit hastalarında gelişen kifotik postürün sebep olduğu vücut ağırlık merkezindeki değişikliklerin, ön ve orta ayak bölgesinde topuk bölgesine göre daha yüksek plantar basınç değerleri oluşturacağı öngörülmüş ancak statik pozisyondaki plantar basınç değerleri açısından kontrol grubuyla hastalar arasında anlamlı fark gözlenmemiştir.[85] Szulc ve ark. adölesan idiopatik skolyozun ayak plantar basınç dağılımına etkisini araştırmışlardır. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında skolyoza sahip adölesanların pedobarografik incelemelerinde, ayak başparmağında ve eğriliğin konveks tarafıyla uyumlu ayak bölgesinde basınç artışlarının olduğunu saptamışlardır. Plantar basınç dağılımındaki bu farklılığın, skolyoza eşlik eden lomber lordoz açısındaki azalma sonucu vücut ağırlık merkezinin öne kaymasıyla ilgili olabileceğini belirtmişlerdir.[60] Hoppenfeld ve ark. adölesan idiopatik skolyoza sahip adölesan bireylerde tedavi öncesi ve sonrası plantar basınç dağılımlarını inceledikleri çalışmalarında, muhtemel vücut ağırlık merkezi kompanzasyonuna bağlı olarak plantar basınç dağılımlarının belirgin olarak etkilenmediğini ancak lomber bölge eğriliğinin eşlik ettiği olgularda plantar basınç dağılımının değiştiğini gözlemlemişlerdir. Bu durumun, lomber eğriliklerde sagittal omurga diziliminin daha fazla etkilenmesiyle ilgili olabileceğini belirtmişlerdir.[59]

Mevcut literatür çalışmaları ışığında, bir sagittal plan omurga deformitesi olan hiperkifoza vücut ağırlık merkezi (CoM) ve yerdeki yansıması olan yerçekimi merkezinde (CoG) öngörülen değişimlerin ayak plantar basınç dağılımına etkisini incelemek amacıyla, araştırmamızdaki olgularda dinamik pedobarografi uygulanmıştır. Yürüyüş sırasında dinamik pedobarografi ile saptanan tepe basınç değerlerinin hem normal hem de hiperkifoza gruplarında topuk, orta ayak ve metatars başlarında yüksek değerlerde seyrettiği görülmüştür. Parmaklarda ise tepe basınç değerlerinin en düşük seviyede olduğu görülmektedir. Bu bulgular, Tuna ve ark.'nın sağlıklı adölesan yaş grubunda plantar basınç dağılımını değerlendirdikleri çalışmanın bulguları ile farklılık göstermektedir.[86] Bu farklılığın, yaş gruplarının ve ölçüm protokollerinin farklılığı ile ilgili olabileceğini düşünmekteyiz. Araştırmamızda ayrıca her iki grup arasında pedobarografi ile ayağın farklı bölgelerinden kayıt altına aldığımız maksimum kuvvet, kuvvet zaman integrali, tepe basıncı, basınç zaman integrali, temas alanı ve temas zamanı parametreleri açısından anlamlı fark saptanmamıştır.($p>0.05$) Bu bulgular, CoG izdüşümlerinin gruplar arasında farklılığının olmamasıyla desteklenebilir. Torakal hiperkifoza sekonder olarak spinopelvik ve alt ekstremitte düzeyinde gelişen kompensatuar mekanizmaların bir yansıması sonucu, hiperkifoza grubundaki bireylerde göreceli olarak normal plantar basınç dağılımlarının gerçekleştiğini düşünmekteyiz.

Her iki gruptaki olgu sayısının düşük olması, hiperkifoza sekonder gelişen spinopelvik dizilim değişikliğinin yanı sıra alt ekstremiteler düzeyindeki kompanzasyonun bu çalışmada değerlendirilmemiş olması ve hiperkifoza seyreden farklı hastalıkların birlikte incelenmiş olması, araştırmamızın kısıtlılıklarından sayılabilir. Statik duruş sırasındaki yerçekimi merkezi ölçümlerinin radyolojik çekimler ile eş zamanlı olarak yapılması sonuçların güvenilirliğini artırabilir ancak teknik güçlükler sebebiyle bu ölçümler farklı şartlar altında ve farklı zamanlarda yapılabilir. Ayrıca pedobarografi ile elde edilen bilgiler olgunun kilosu, yürüme hızı, ayak yapısı, fiziksel aktivite düzeyi ve ayak bileği mobilite düzeyinden etkilenebilmektedir.[87-90] Araştırmamızdaki hiperkifoza ve normal grupların kilo bakımından farklılık göstermemesi ve olgularımızın ayak muayeneleri olağan bireylerden seçilmesi dışındaki etmenler bu çalışmada değerlendirilmemiş olup pedobarografi sonuçlarımızı etkileyebilir.

7. SONUC VE ÖNERİLER:

1. Hiperkifoza sekonder olarak, omurga düzeyinde gelişen kompensatuar mekanizmaların en önemlisi lomber lordoz artışıdır.
2. C7 yük hattının sakrum posterosüperioruna göre olan konum ve uzaklığı, global sagittal dengenin değerlendirmesinde yanıltıcı olabilir. Global sagittal dengenin tespitinde sagittal plan omurga diziliminin yanı sıra, sagittal plandaki alt ekstremitte dizilimini de değerlendiren çalışmalara gereksinim bulunmaktadır.
3. Hiperkifoza sahip genç ve adölesan bireylerde yerçekimi merkezi izdüşümü normal bireylerden anlamlı fark göstermemekle birlikte, bu yaş grubunda kompensatuar mekanizmaların yeterli olduğu düşünülebilir.
4. Hiperkifoza sahip adölesan ve genç erişkin bireylerde statik denge ve postural kontrolün bir yansıması olan postural salınımların hızı, normal bireylerden farklılık göstermemektedir. Hiperkifotik bireylerde postural kontrolün vestibüler, görsel ve proprioseptif basamaklarının değerlendirilmesi amacıyla, bu hastalarda pertürbasyon testlerinin uygulandığı çalışmalar yapılabilir.
5. Dinamik denge değerlendirmesinde, hiperkifoza sahip adölesan ve genç erişkin bireylerin öne eğilmeleri sırasında yerçekimi merkezlerinde kontrol grubuna göre daha kontrolsüz kaymalar olduğu görülmektedir. Bu hastaların merdiven inip çıkma gibi yerçekimi merkezi kontrolünün önemli olduğu günlük aktiviteleri sırasında düşme riskleri söz konusu olabilir.
6. Hiperkifoza sahip adölesan ve genç erişkin bireylerde yürüme sırasındaki plantar basınç dağılımları normal bireylerle benzerlik göstermektedir. Bu durumun oluşmasında, CoG izdüşümü ve salınımlarıyla benzer şekilde kompensatuar mekanizmaların etkisi söz konusu olabilir.
7. Hiperkifoz ve normal gruplar arasında sola eğilme sırasındaki hareket kontrolü farklılıklarına araştırmamızdaki bulgular dahilinde net bir yorum getirmek mümkün olmamıştır. Benzer hastaları içeren daha geniş serilerde, dengenin merkezi sinir sistemi ve vestibüler komponentlerini de içerecek şekilde incelendiği çalışmaların bu yönde faydası olabilir.

8. KAYNAKLAR

1. Herring, J.A., *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics From The Texas Scottish Rite Hospital for Children*. Vol. 4. 2012: Saunders Elsevier.
2. Bernhardt, M., *Normal Spinal Anatomy: Normal Sagittal Plane Alignment*, in *The Textbook of Spinal Surgery, Second Edition*, R.L.D.W. Keith H. Bridwell, Editor. 1997, Lippincott-Raven Publishers: Philadelphia. p. 185-191.
3. Duval-Beaupere, G., C. Schmidt, and P. Cosson, *A Barycentremetric study of the sagittal shape of spine and pelvis: the conditions required for an economic standing position*. Ann Biomed Eng, 1992. **20**(4): p. 451-62.
4. Schwab, F., et al., *Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery*. Spine (Phila Pa 1976), 2010. **35**(25): p. 2224-31.
5. Jackson, R.P. and C. Hales, *Congruent spinopelvic alignment on standing lateral radiographs of adult volunteers*. Spine (Phila Pa 1976), 2000. **25**(21): p. 2808-15.
6. Propst-Proctor, S.L. and E.E. Bleck, *Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children*. J Pediatr Orthop, 1983. **3**(3): p. 344-6.
7. Winter, R.B., J.E. Lonstein, and F. Denis, *Sagittal spinal alignment: the true measurement, norms, and description of correction for thoracic kyphosis*. J Spinal Disord Tech, 2009. **22**(5): p. 311-4.
8. Boseker, E.H., et al., *Determination of "normal" thoracic kyphosis: a roentgenographic study of 121 "normal" children*. J Pediatr Orthop, 2000. **20**(6): p. 796-8.
9. Jackson, R.P. and A.C. McManus, *Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study*. Spine (Phila Pa 1976), 1994. **19**(14): p. 1611-8.
10. LuizHenrique Fonseca Damasceno, S.R.G., Catarin, Antonio Dorival Campos, Helton Luis Aparecido Defino, *Lumbar Lordosis: A Study Of Angle Values And Of Vertebral Bodies And Intervertebral Discs Role*. Acta Ortop Bras, 2006. **14**(4): p. 193-198.
11. Mac-Thiong, J.M., et al., *Can c7 plumbline and gravity line predict health related quality of life in adult scoliosis?* Spine (Phila Pa 1976), 2009. **34**(15): p. E519-27.
12. Legaye, J., et al., *Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves*. Eur Spine J, 1998. **7**(2): p. 99-103.
13. Labelle, H., et al., *The importance of spino-pelvic balance in L5-s1 developmental spondylolisthesis: a review of pertinent radiologic measurements*. Spine (Phila Pa 1976), 2005. **30**(6 Suppl): p. S27-34.
14. Schwab, F., et al., *Sagittal plane considerations and the pelvis in the adult patient*. Spine (Phila Pa 1976), 2009. **34**(17): p. 1828-33.
15. Lafage, V., et al., *Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity*. Spine (Phila Pa 1976), 2009. **34**(17): p. E599-606.
16. Yasuaki Murata, K.T., Masatsune Yamagata, Eiji Hanaoka, and H. Moriya, *The knee-spine syndrome - Association Between Lumbar Lordosis And Extension Of The Knee* J Bone Joint Surg [Br], 2003. **85-B**: p. 95-99.
17. Lafage, V., et al., *Standing balance and sagittal plane spinal deformity: analysis of spinopelvic and gravity line parameters*. Spine (Phila Pa 1976), 2008. **33**(14): p. 1572-8.
18. Legaye, J., *Analysis of the Dynamic Sagittal Balance of the Lumbo-Pelvi-Femoral Complex*, in *Biomechanics in Applications*, V. Klika, Editor. 2011. p. 221-246.

19. Winter, R.B. and J.E. Hall, *Kyphosis in childhood and adolescence*. Spine (Phila Pa 1976), 1978. **3**(4): p. 285-308.
20. Scheuermann, H.W., *Deforming osteochondritis of spine*. Ugeskr Laeger, 1920(82): p. 385.
21. Bradford, D.S., et al., *Scheuermann's kyphosis: a form of osteoporosis?* Clin Orthop Relat Res, 1976(118): p. 10-5.
22. Lopez, R.A., et al., *Osteoporosis in Scheuermann's disease*. Spine (Phila Pa 1976), 1988. **13**(10): p. 1099-103.
23. Sorensen, H.K., *Scheuermann's Juvenile Kyphosis: Clinical Appearances, Radiography, Aetiology and Prognosis*. 1964, Copenhagen: Munksgaard.
24. Koop, S.E., *Scheuermann's Disorder*, in *Orthopaedic Knowledge Update*, B.S. Richards, Editor. 1996, American Academy of Orthopaedic Surgeons. p. 125-127.
25. Sharan, A.D., W. Lavalley, and T.J. Ericco, *Scheuermann's Kyphosis*, in *Surgical Treatment of Spinal Deformities*, T.J. Ericco, B.S. Lonner, and A.W. Moulton, Editors. 2009, Saunders Elsevier: Philadelphia, PA. p. 119-128.
26. Cho, W., et al., *The prevalence of abnormal preoperative neurological examination in Scheuermann kyphosis: correlation with X-ray, magnetic resonance imaging, and surgical outcome*. Spine (Phila Pa 1976), 2014. **39**(21): p. 1771-6.
27. Loder, R.T., *The sagittal profile of the cervical and lumbosacral spine in Scheuermann thoracic kyphosis*. J Spinal Disord, 2001. **14**(3): p. 226-31.
28. Freeman, B.L., *Scoliosis and Kyphosis*, in *Campbell's Operative Orthopaedics*, S.T. Canale and J.H. Beaty, Editors. 2011, Mosby/Elsevier. p. 2052-2076.
29. Murray, P.M., S.L. Weinstein, and K.F. Spratt, *The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis*. J Bone Joint Surg Am, 1993. **75**(2): p. 236-48.
30. Speck, G.R. and D.C. Chopin, *The surgical treatment of Scheuermann's kyphosis*. J Bone Joint Surg Br, 1986. **68**(2): p. 189-93.
31. Wenger, D.R. and S.L. Frick, *Scheuermann kyphosis*. Spine (Phila Pa 1976), 1999. **24**(24): p. 2630-9.
32. Sachs, B., et al., *Scheuermann kyphosis. Follow-up of Milwaukee-brace treatment*. J Bone Joint Surg Am, 1987. **69**(1): p. 50-7.
33. Weiss, H.R., D. Turnbull, and S. Bohr, *Brace treatment for patients with Scheuermann's disease - a review of the literature and first experiences with a new brace design*. Scoliosis, 2009. **4**: p. 22.
34. Ferreira-Alves, A., J. Resina, and R. Palma-Rodrigues, *Scheuermann's Kyphosis. The Portuguese technique of surgical treatment*. J. Bone Joint Surg Br, 1995. **77**: p. 943-950.
35. Bradford, D.S., et al., *The surgical management of patients with Scheuermann's disease: a review of twenty-four cases managed by combined anterior and posterior spine fusion*. J Bone Joint Surg Am, 1980. **62**(5): p. 705-12.
36. Horton, W.C., et al., *Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? A critical comparison of three techniques*. Spine (Phila Pa 1976), 2005. **30**(4): p. 427-33.
37. Stotts, A.K., et al., *Measurement of spinal kyphosis: implications for the management of Scheuermann's kyphosis*. Spine (Phila Pa 1976), 2002. **27**(19): p. 2143-6.
38. Sucato, D.J. and E. Elerson, *A comparison between the prone and lateral position for performing a thoracoscopic anterior release and fusion for pediatric spinal deformity*. Spine (Phila Pa 1976), 2003. **28**(18): p. 2176-80.
39. Al Kaissi, A., et al., *Progressive non-infectious anterior vertebral fusion, split cord malformation and situs inversus visceralis*. BMC Musculoskelet Disord, 2006. **7**: p. 94.
40. Andersen, J. and E. Rostgaard-Christensen, *Progressive noninfectious anterior vertebral fusion*. J Bone Joint Surg Br, 1991. **73**(5): p. 859-62.
41. Panjabi, M.M., A.A. White, 3rd, and R.M. Johnson, *Cervical spine mechanics as a function of transection of components*. J Biomech, 1975. **8**(5): p. 327-36.

42. Yasuoka, S., H.A. Peterson, and C.S. MacCarty, *Incidence of spinal column deformity after multilevel laminectomy in children and adults*. J Neurosurg, 1982. **57**(4): p. 441-5.
43. Lonstein, J.E., *Postlaminectomy kyphosis*. Clin Orthop Relat Res, 1977. **128**(93).
44. Smith, R., J.K. Davidson, and G.E. Flatman, *Skeletal effects of orthovoltage and megavoltage therapy following treatment of neuroblastoma*. Clin Radiol, 1982. **33**(6): p. 601-13.
45. Tandon, V., et al., *Spinal problems in mucopolysaccharidosis I (Hurler syndrome)*. J Bone Joint Surg Br, 1996. **78**(6): p. 938-44.
46. Field, R.E., et al., *Bone-marrow transplantation in Hurler's syndrome. Effect on skeletal development*. J Bone Joint Surg Br, 1994. **76**(6): p. 975-81.
47. Sponseller, P.D., et al., *The thoracolumbar spine in Marfan syndrome*. J Bone Joint Surg Am, 1995. **77**(6): p. 867-76.
48. Birch, J.G. and J.A. Herring, *Spinal deformity in Marfan syndrome*. J Pediatr Orthop, 1987. **7**(5): p. 546-52.
49. Jones, K.B., et al., *Spine deformity correction in Marfan syndrome*. Spine (Phila Pa 1976), 2002. **27**(18): p. 2003-12.
50. Winter, D.A., *Human balance and posture control during standing and walking*. Gait&Posture, 1995. **3**: p. 193-214.
51. Liaw, M.Y., et al., *Comparison of the static and dynamic balance performance in young, middle-aged, and elderly healthy people*. Chang Gung Med J, 2009. **32**(3): p. 297-304.
52. Haslegrave, C.M., *What do we mean by a 'working posture'?* Ergonomics, 1994. **37**(4): p. 781-799.
53. Massion, J., *Postural Control System*. Current Opinion in Neurobiology, 1994: p. 877-887.
54. Horak, F.B., *Clinical assessment of balance disorders*. Gait&Posture, 1997. **6**: p. 76-84.
55. Tuna, H., *Ayak Hastalıklarında Pedobarografik Değerlendirme*. Türk Fiz Tıp Reh Derg, 2005. **51**(özel ek B): p. 51-54.
56. Kanatlı, U., et al., *Yürüme Analizinin Ortopedik Uygulamaları*. TOTBİD Dergisi, 2006. **5**(1-2): p. 53-59.
57. Skopljak, A., et al., *Pedobarography in Diagnosis and Clinical Application*. Acta Inform Med, 2014. **22**(6): p. 374-378.
58. Orlin, M.N. and T.G. McPoil, *Plantar Pressure Assessment*. Phys Ther., 2000. **80**: p. 399-409.
59. Hoppenfeld, S., R.A. Lopez, and G. Molnar, *Plantar weight-bearing pattern in idiopathic scoliosis*. Spine (Phila Pa 1976), 1991. **16**(7): p. 757-60.
60. Szulc, P., et al., *The influence of idiopathic scoliosis on load distribution in the foot (Abstract)*. Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol, 2008. **73**(3): p. 187-91.
61. Eshraghi, A., et al., *Effect of Milwaukee brace on static and dynamic balance of female hyperkyphotic adolescents*. Prosthetics and Orthotics International, 2012. **37**(1): p. 76-84.
62. Warren, D.Y. and S.L. Williams, *Spinal Imaging: Radiographs, Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging*, in *Othopaedic Knowledge Update Third Edition*, J.M. Spivak and P.J. Conolly, Editors. 2006, American Academy of Orthopaedic Surgeons. p. 57-67.
63. Polly, D.W., Jr., et al., *Measurement of lumbar lordosis. Evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability*. Spine (Phila Pa 1976), 1996. **21**(13): p. 1530-5; discussion 1535-6.
64. Clackamas, O.R., *Neurocom. Balance masters system operator's manual*. Clackamas, OR: Neurocom international inc., 2003. 2003.
65. Clark, S., D.J. Rose, and K. Fujimoto, *Generalizability of the limits of stability test in the evaluation of dynamic balance among older adults*. Arch Phys Med Rehabil, 1997. **78**(10): p. 1078-84.
66. Wearing, S.C., et al., *A comparison of gait initiation and termination methods for obtaining plantar foot pressures*. Gait Posture, 1999. **10**: p. 255-263.
67. Meyers-Rice, B., et al., *Comparison of three methods for obtaining plantar pressures in nonpathologic subjects*. J Am Podiatr Med Assoc, 1994. **84**(10): p. 499-504.

68. Mac-Thiong, J.M., et al., *Sagittal spinopelvic balance in normal children and adolescents*. Eur Spine J, 2007. **16**(2): p. 227-34.
69. Vaz, G., et al., *Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine*. Eur Spine J, 2002. **11**(1): p. 80-7.
70. Lowe, T.G. and M.D. Kasten, *An analysis of sagittal curves and balance after Cotrel-Dubousset instrumentation for kyphosis secondary to Scheuermann's disease. A review of 32 patients*. Spine (Phila Pa 1976), 1994. **19**(15): p. 1680-5.
71. Jiang, L., et al., *Sagittal spinopelvic alignment in adolescents associated with Scheuermann's kyphosis: a comparison with normal population*. Eur Spine J, 2014. **23**(7): p. 1420-6.
72. Gelb, D.E., et al., *An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers*. Spine (Phila Pa 1976), 1995. **20**(12): p. 1351-8.
73. Van Royen, B.J., et al., *Accuracy of the sagittal vertical axis in a standing lateral radiograph as a measurement of balance in spinal deformities*. Eur Spine J, 1998. **7**(5): p. 408-12.
74. Sahlstrand, T., R. Ortengren, and A. Nachemson, *Postural equilibrium in adolescent idiopathic scoliosis*. Acta Orthop Scand, 1978. **49**(4): p. 354-65.
75. Handerson, N.E., A.S. Overby, and V.P. Panzer. *Internal Consistency and stability of balance measures among different age groups [abstract]*. in *12th International Congress of the World Confederation for Physical Therapy*. 1995. Washington DC.: The American Physical Therapy Association Inc.
76. Juras, G., et al., *Evaluation of the Limits of Stability (LOS) Balance Test*. Journal of Human Kinetics, 2008. **19**: p. 39-52.
77. Pickerill, M.L. and R.A. Harter, *Validity and Reliability of Limits-of-Stability Testing: A Comparison of 2 Postural Stability Evaluation Devices*. Journal of Athletic Training, 2011. **46**(6): p. 600-606.
78. Kiers, H., et al., *Postural sway and integration of proprioceptive signals in subjects with LBP*. Hum Mov Sci, 2015. **39**: p. 109-20.
79. Gauchard, G.C., et al., *Influence of different types of progressive idiopathic scoliosis on static and dynamic postural control*. Spine (Phila Pa 1976), 2001. **26**(9): p. 1052-8.
80. Burke, T.N., et al., *Postural control among elderly women with and without osteoporosis: is there a difference?* Sao Paulo Med J., 2010. **128**(4): p. 219-224.
81. Regolin, F. and G.A. Carvalho, *Relationship between thoracic kyphosis, bone mineral density, and postural control in elderly women*. Rev Bras Fisioter., 2010. **14**(5): p. 464-469.
82. Eshraghi, A., et al., *Effect of Milwaukee brace on static and dynamic balance of female hyperkyphotic adolescents*. Prosthetics and Orthotics International, 2012. **37**(1): p. 76-84.
83. Goulding, A., et al., *Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity*. Gait Posture, 2003. **17**(2): p. 136-41.
84. Lao, M.L., et al., *Impaired dynamic balance control in adolescents with idiopathic scoliosis and abnormal somatosensory evoked potentials*. J Pediatr Orthop, 2008. **28**(8): p. 846-9.
85. Aydin, E., et al., *Plantar pressure distribution in patients with ankylosing spondylitis*. Clin Biomech (Bristol, Avon), 2015. **30**(3): p. 238-42.
86. Tuna, H., et al., *[Static and dynamic plantar pressure measurements in adolescents]*. Acta Orthop Traumatol Turc, 2004. **38**(3): p. 200-5.
87. Sacco, I.C.N., et al., *Role of ankle mobility in foot rollover during gait in individuals with diabetic neuropathy*. Clinical Biomechanics, 2009. **24**: p. 687-692.
88. Mickle, K.J., et al., *Relationship between plantar pressures, physical activity and sedentariness among preschool children*. Journal of Science and Medicine in Sport, 2011. **14**: p. 36-41.
89. Birtane, M. and H.Tuna, *The evaluation of plantar pressure distribution in obese and non-obese adults*. Clinical Biomechanics, 2004. **19**: p. 1055-1059.
90. Cavanagh, P.R., et al., *The Relationship of Static Foot Structure to Dynamic Foot Function*. J.Biomechanics, 1997. **30**(3): p. 243-250.

EK-1: OLGU RAPOR/VERİ KAYIT FORMU ÖRNEĞİ

Hasta adı: Boy:..... cm
Yaş: Kilo:..... kg
Cinsiyet: VKİ:.....kg/m²

1)Sagittal Spinopelvik Dizilim:

Torakal Kifoz:.....deg Pelvik Tilt:.....deg
Lomber Lordoz:.....deg Sagittal Vertikal Aks:.....mm
Pelvik İnsidans:.....deg

2)Statik-Dinamik Denge:

Tek Ayak Üzerinde Durma Testi:

Mean COG Sway Velocity (deg/sec):

Postural Kontrol Stabilité Limitleri Testi:

	Reaksiyon zamanı (sec)	Hareket Hızı (deg/sec)	Ulaşılan Max Nokta (%)	Ulaşılan Max Uzaklık(%)	Hareket Kontrolü (%)
Ön					
Arka					
Sağ					
Sol					
Comp					

3)Pedobarografi:

	Temas zamanı %ROP	Temas zamanı ms	Temas alanı cm ²	Basınç-Zaman İntegrali (N/cm ² *s)	Tepe Basınç (N/cm ²)	Kuvvet-Zaman İntegrali (N*s)	Maksimum Kuvvet (N)
Total							
Topuk							
Orta							
MH1							
MH2							
MH3							
MH4							
MH5							
Başparmak							
2. parmak							
3.4.5parmak							

EK-2: ETİK KURUL ONAYI:

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2015/09-13	Tarih: 19.03.2015
	Prof.Dr.Ömer Akçalı'nın sorumlusu olduğu "Hiperkifoza Sahip Bireylerde Sagittal Spinopelvik Dizilimin, Denge ve Ayak Plantar Basınç Dağılımına Etkisinin Değerlendirilmesi" isimli klinik araştırmaya ait başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş, etik açıdan çalışmanın gerçekleştirilmesinin uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.	
ETİK KURUL BİLGİLERİ		
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyî Klinik Uygulamaları Kılavuzu	
ETİK KURUL ÜYELERİ		

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	Araştırma ile İlişkili mi?		İmza
Prof.Dr.Banu ÖNVURAL (Başkan)	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Ş.Reyhan UÇKU (Başkan Yardımcısı)	Halk Sağlığı	DEU Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D.	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Nejat SARIOSMANOĞLU	Kalp Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Ece BÖBER	Pediyatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Vesile ÖZTÜRK	Nöroloji	DEU Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Ahmet Turan IŞIK	Geriatri	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Mukaddes GÜNELİ	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Ayşe Aydan ÖZKÜTÜK	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Nihal GELECEK	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Müge KIRAY	Fizyoloji	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Şeyda Seren INTEPELER	Hemşirelik Yönetimi	DEU Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Yönetimi A.D	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Sefa KIZILDAĞ	Tıbbi Biyoloji ve Genetik	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji ve Genetik A.D	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Sevda ÖZKARDEŞLER	Anesteziyoloji	DEU Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon A.D.	Kadın	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Uzm.Dr.Ahmet Can BİLGİN	Hukuk	DEU Tıp Tarihi ve Etik A.D	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E <input type="checkbox"/>	H <input checked="" type="checkbox"/>	