T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAĞLIKLI BİREYLERDE FONKSİYONEL HAREKETLİ DENGE SİSTEMİ İLE DENGE TAHTASI EĞİTİMİNİN DENGE VE FONKSİYONEL DÜZEY ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uzm. Fzt. Bünyamin HAKSEVER

Spor Fizyoterapistliği Programı
DOKTORA TEZİ

ANKARA
2018

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SAĞLIKLI BİREYLERDE FONKSİYONEL HAREKETLİ DENGE SİSTEMİ İLE DENGE TAHTASI EĞİTİMİNİN DENGE VE FONKSİYONEL DÜZEY ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Uzm. Fzt. Bünyamin HAKSEVER

Spor Fizyoterapistliği Programı
DOKTORA TEZİ

TEZ DANŞMANI
Doç. Dr. İrem DÜZGÜN

ANKARA
2018

Sağlıklı Bireylerde Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi ile Denge Tahtası Eğitiminin Denge Ve Fonksiyonel Düzey Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Uzm. Fzt. Bünyamin HAKSEVER

Bu çalışma 08/02/2018 tarihinde jürimiz tarafından "Spor Fizyoterapistliği Programı" nda yüksek lisans / doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr.Nevin ERGUN *(Sanko Üniversitesi)*	*(imza)*
Tez Danışmanı:	Doç. Dr. İrem DÜZGÜN *(Hacettepe Üniversitesi)*	*(imza)*
Üye:	Prof. Dr. Volga BAYRAKÇI TUNAY *(Hacettepe Üniversitesi)*	*(imza)*
Üye:	Prof. Dr. Feryal SUBAŞI (Yeditepe Üniversitesi)	*(imza)*
Üye:	Doç. Dr. Hayri Baran YOSMAOĞLU (Başkent Üniversitesi)	*(imza)*

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun bulunmuştur.

13 Şubat 2018

(imza)

Prof. Dr. Diclehan Orhan

Enstitü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

o **Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.**
(Bu seçenekle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etseniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirse bile, teziniz arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir)

o **Tezimin/Raporumun 30/01/2020 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.**
(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir)

o **Tezimin/Raporumun.....tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.**

o **Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi**

13 /02/2018

(İmza)

Bünyamin HAKSEVER

ETİK BEYAN

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında özgün olduğunu, Doç. Dr. İrem DÜZGÜN danışmanlığında tarafımdan üretildiğini ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Yönergesine göre yazıldığını beyan ederim.

Uzm.Fzt.Bünyamin HAKSEVER



TEŞEKKÜR

Bütün eğitim dönemimde ve mesleki hayatım süresince, tezimin her aşamasında sabır, sevgi ve özveriyle sağladığı bütün destek ve katkılardan dolayı değerli hocam Prof. Dr. Gül BALTACI'ya çok teşekkür ederim.

Sayın hocam ve tez danışmanım Doç. Dr. İrem DÜZGÜN'e doktora tez dönemim süresince özverisinden, sağladığı katkılardan ve sabrından dolayı teşekkür ederim.

Sayın hocam Prof. Dr. Nevin Ergun'a eğitim dönemim süresince eğitimleri ve sağladığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Meslek hayatımın her aşamasında hem eğitimleri ile hem de yaptırdığı çalışmalar ile bana kattığı bütün değerler için Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay'a teşekkür ederim.

Hayatımım her aşamasında bana yol gösterip, desteğini esirgemeyen değerli abim, Uzm.Dr. Savaş KUDAŞ'a çok teşekkür ederim.

Tezimin oluşturulmasından istatistik aşamasına kadar rehberliği ile değerli fikirlerini paylaştığı için sayın Dr. Deniz Yüce'ye teşekkür ederim.

Çalışmaya katılmayı gönüllü olarak kabul eden değerli hastalarıma teşekkür ederim.

Her zaman en büyük desteği sağlayan ve motivasyon kaynağı olan sevgili aileme bu çalışmayı bitirecek gücü verdikleri için sonsuz teşekkür ederim.

Çalışma hayatım boyunca bana gösterdiği destek için ve ayıramadığım vakit için bana sabır gösterip destek veren sevgili eşim Gülşah HAKSEVER'e çok teşekkür ederim.

Bir hayal sonrası gerçekleşen doktora tezimde kullandığım DİBA isimli cihazımı ismine adadığım ve isim sahibi olan ve bu satırları yazdığım gün ilk defa 'baba' diyen sevgili kızım Güldiba Haksever'e hayatıma girdiği için, güç ve anlam kattığı için çok teşekkür ederim.

ÖZET

Haksever B., Sağlıklı Bireylerde Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi ile Denge Tahtası Eğitiminin Denge ve Fonksiyonel Düzey Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Fizyoterapistliği Programı, Doktora Tezi, Ankara, 2018. Çalışmanın amacı, çoklu eklem açı ve pozisyonlarda postüral denge eğitimi gerçekleştirmeyi sağlayan Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi'nin statik, dinamik denge ve fonksiyonellik yönünden etkinliğinin standart denge sistemleri ile karşılaştırılmaktır. Denge ve postural kontrolü geliştirmek için kullanılan bir çok sistem belirli hareket sınırları içerisinde ve taban yüzeyi hareketsiz iken kullanılmaktadır. Standart denge sistemi egzersizleri günlük hareketlere uyumunda fonksiyonellik bakımından kısıtlı kalmaktadır. Çalışmaya yaşı 18-30 arasında olan 36 sağlıklı sporcu erkek gönüllü katıldı. Bireyler randomize olarak iki gruba ayırıldı. Çalışma grubuna dahil edilen 18 bireye DİBA (Dynamic Inovative Balance) ile denge ve fonksiyonel eğitim uygulanırken Kontrol grubuna dahil edilen 18 bireye standart denge ekipmanları (denge tahtası, wobble board ve BOSU) kullanılarak 8 hafta süreyle denge ve fonksiyonel eğitim uygulandı. Bireyler eğitim öncesi, eğitim sonrası 4. ve 8. haftalarda değerlendirildi. Bütün bireyler Statik dengesinin değerlendirilmesi için Flamingo denge testi (FDT), dinamik dengesinin değerlendirilmesi için Y denge testi (YDT), fonksiyonun değerlendirilebilmesi için tek bacak sıçrama testi (S) ile fonksiyonel uzanma testi (FUT) uygulandı. Çalışmanın sonucunda YDT'nin 8. Hafta ölçümünde anterior parametresinde ($p=0,001$), FDT'nin 8. Hafta ölçümünde ($p=0,024$), S testinin 4. Hafta ölçümünde ($p=0,012$), ve 8. Hafta ölçümünde ($p=0,016$), iki grup arasında çalışma grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu. Diğer hiçbir parametrede iki grup arasında istatistiksel olarak fark bulunmadı ($p>0,005$). Bu çalışmaya göre, DİBA ile bireyin fonksiyon ve dengesi üzerinde olumlu etkiler sağladığından dolayı, standart denge ekipmanlarının yerine veya standart denge ekipmanları ile birlikte kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Denge, Postüral kontrol, fonksiyonel egzersiz**.**

ABSTRACT

Haksever B., Comparison Of The Effects of Functional Movement Balance System and Standard Balance Board Training On Balance And Functionality In Healthy Subjects. Hacettepe University, Institute of Health Sciences, Sports Physiotherapy Programme, PHDThesis, Ankara, 2018. The aims of this study were Functional Movement Balance System which ensure postural balance training with multi joint angle movement and body position and comparıson of this system and standard balance training on static, dynamic balance and functionality. Lots of system which develop balance and postural control are used in limited area and floor surfaces of them is stabil. The exercises of standard balance system have some limitation about adaptation of daily movement 36 healty sports subjects who aged 18-30 years were volunteered to participate in the study. They were randomly separated into two groups. In the study group 18 healthy subjects who have taken balance functional training with DIBA were enrolled on this study for 8 weeks. In the control group 18 healthy subjects who have taken balance and functional training with standart balance equipment (balance board, wobble board and BOSU) were enrolled on this study for 8 weeks. All of subjects were assessed pre-training, 4th weeks and 8th weeks. All of the subjects were assessed with Flamingo Balance Test (FBT) for static balance, Y Balance Test (YBT) for dynamic balance, One Leg Hop test (OLH) and Front reach test (FRT) for functionality. Results of this study Anterior parameter of YBT in (p=0,001), FDT in measurement of 8th weeks (p=0,024), OLH test in measurement of 4th weeks (p=0,012), and measurement of 8th weeks (p=0,016), has shown significantly difference in favour of study groups, between groups. All of the other test didnt shown any difference between groups (p>0,005). According to this study, because of DIBA has positive effects on functionality and balance which might be used instead of standard balance equipment or be used with standard balance equipment.

Keywords: Balance, Postural control, Functional Exercise

İÇİNDEKİLER

ONAY SAYFASI iii

TEŞEKKÜR iv

ÖZET v

ABSTRACT vi

İÇİNDEKİLER vii

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ ix

ŞEKİLLER DİZİNİ x

TABLOLAR DİZİNİ xi

1. GİRİŞ 1

2. GENEL BİLGİLER 3

2.1. Denge 3

2.1.1. Denge Çeşitleri 3

2.1.2. Denge Sistemleri 5

2.1.3. Dengenin Kontrolü 10

2.2. Propriosepsiyon ve Dengenin Etkilenimi 11

2.3. Dinamik Postüral Kontrol ve Denge 11

2.4. Denge ve Fonksiyonel Antrenmanın Spordaki Önemi 14

2.5. Denge ve Fonksiyonel Ölçümler 16

2.5.1. Hareket Analiz Sistemleri 16

2.5.2. Vücut Salınımı Ölçümleri 16

2.5.3. EMG Ölçümleri 16

2.5.4. Denge Ölçümleri 17

2.5.5. Fonksiyonel Ölçümler 18

2.6. Fonksiyonel Antrenman ve Denge Ekipmanları 18

3. BİREYLER VE YÖNTEM 21

3.1. Bireyler 21

3.2. Yöntem 24

3.2.1. DİBA'nın mekanizması 24

3.2.2. Demografik Bilgiler 25

3.2.3. Değerlendirme Yöntemleri 25

3.3. Denge ve fonksiyonel eğitim programı 30

3.3.1.Çalışma grubu uygulama protokolü 31

3.3.2.Kontrol grubu uygulama protokolü 35

3.4. İstatistiksel Analiz 41

4. BULGULAR 42

4.1. Demografik bulgular 42

4.2. Klinik Bulgular 42

4.2.1.Dinamik Denge değerlendirmesi 42

4.2.2. Statik Denge değerlendirmesi 46

4.2.3.Alt ekstremite fonksiyonel performans değerlendirmesi 47

4.2.4. Fonksiyonel uzanma değerlendirmesi 49

5.TARTIŞMA 51

5.1.Denge 55

5.1.1.Dinamik Denge 55

5.1.2.Statik Denge 58

5.2. Fonksiyonel Parametreler 60

5.3. Çalışmanın Limitasyonları 63

5.4. Çalışmanın Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bilimine Katkıları 63

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 65

7.KAYNAKLAR 68

8.EKLER

EK 1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri

EK 2: Tez Çalışması ile İlgili Bildiriler ve Yayınlar

EK 3: Değerlendirme Formu

EK 4: Patent Hakkı Belgesi

9.ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR

cm	Santimetre
DİBA	Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi
FDT	Flamingo denge testi
FUT	Fonksiyonel uzanma testi
Kg	Kilogram
Kg/m^2	Kilogram/ Metrekare
MMS	Merkezi Sinir Sistemi
Min	Minimum
Maks	Maksimum
n	Birey sayısı
Ort	Ortalama
ÖÇB	Ön Çapraz Bağ
p	istatistiksel anlamlılık değeri
SEBT	Star Excursion Balance Test
Sn	Saniye
SS	Standart sapma
TBS	Tek bacak sıçrama testi
Tkr	Tekrar
YDT	Y denge testi
X	Aritmetik ortalama
%	Yüzdelik değer

ŞEKİLLER

Şekil		Sayfa
2.1.	Denge sistemlerini oluşturan parametrelerin gösterimi	10
3.1.	Birey akış diyagramı	23
3.2.	DİBA'nın mekanizması ve ekipmanları	25
3.3.	YDT'nin farklı yönlere uygulanışı	26
3.4.	FDT'nin ekipmanı ve uygulanışı	27
3.5.	TBS testinin uygulanışı ve sıçrama sonrası	28
3.5.	FUT testinin başlangıcı ve uzanma sonrası	29
3.6.	DİBA ile ileri geri hareket	31
3.7.	DİBA ile açısal hareket	31
3.8.	Squat duruşu	31
3.9.	Lunge duruşu	31
3.10.	Squat duruşunda top atma	32
3.11.	Lunge duruşunda top atma	32
3.12.	Açısal hareket çalışması	32
3.13.	Squat duruşunda açısal çalışma	32
3.14.	Gövde rotasyonu	33
3.15.	Dinamik Lunge eğitimi	33
3.16.	Tek bacak denge eğitimi	34
3.17.	Tek bacak top tutma	34
3.18.	Wobble board denge eğitimi	35
3.19.	BOSU, Wobble board	35
3.20.	Squat denge eğitimi	35
3.21.	Lunge denge eğitimi	35
3.22.	Wobble board Squat eğitimi	36
3.23.	BOSU Lunge denge eğitimi	36
3.24.	Dinamik Lunge denge eğitimi	37
3.25.	BOSU üstünde top yakalama	37
3.26.	Yumuşak zemin Squat	37
3.27.	Yumuşak zemin Lunge	37
3.28.	Lunge ile rotasyon	38

3.29. BOSU ile Dinamik Lunge 38
3.30. BOSU ile tek bacak durma 39
3.31. BOSU tek bacak top 39
4.1. YDT anterior başlangıç değerlerine göre değişimleri 42
4.2. YDT posteriomedial başlangıç değerlerine göre 43
4.3. YDT posteriolateral başlangıç değerlerine göre değişimleri 43
4.4. FDT başlangıç değerlerine göre değişimleri 45
4.5. TBS başlangıç değerlerine göre değişimleri 46
4.6. FUT başlangıç değerlerine göre değişimleri 48

TABLOLAR

Tablo		Sayfa
3.1.	Bireylere uygulanan egzersiz süreleri	39-40
4.1.	Bireylerin demografik bilgileri	41
4.2.	YDT'ye göre uzanma miktarların gruplara göre karşılaştırılması	44
4.3.	FDT'ye göre düşme sayılarının gruplara göre karşılaştırılması	45
4.4.	TBS'ye göre sıçrama miktarların gruplara göre karşılaştırılması	47
4.5.	Bireylerin öne uzanma miktarların gruplara göre karşılaştırılması	48

GİRİŞ

Günümüzde uygulan birçok rehabilitasyon programında denge ve fonksiyonel antrenman programı, rehabilitasyonun vazgeçilmez unsurlarından biridir (1,2,3). Bu antrenman ve rehabilitasyon programları hastanın algısını ve pozisyonel hissini geliştirip tekrar yaralanmasını önlemek için denge ve propriosepsiyon egzersizlerini içermelidir (3). Bütün fonksiyonel aktiviteler sırasında doğru hareketi açığa çıkarmak ve vücut düzgünlüğünü sağlamak için duyusal olarak aldığımız uyarıları, doğru motor hareketlere çevirmemiz gerekir (3). Bunu sadece sabit pozisyonda sağlamak yeterli değildir. Aynı zamanda bir hareketten başka bir harekete geçerken de kaliteli ve fonksiyonel dengeyi sağlayıp, postürü ayarlamak gereklidir (1). Travma veya cerrahi (4,5), inme (6,7) veya yaşlılıkta (3,8) denge, koordinasyon ve pozisyon hissinde ciddi kayıplar açığa çıkmaktadır. Özellikle bu tür problemler sonrası rehabilitasyonda denge ve propriosepsiyon eğitimi vazgeçilmez bir unsurdur (2,5,9,10). Son dekatta rehabilitasyon alanında uygulanan denge eğitiminin fonksiyonel ve dinamik olması gerektiği belirtilmektedir (4,5,6,9,11,12). Bireye her hareket sırasında dinamik ve fonksiyonel olarak doğru vücut düzgünlüğü öğretilmelidir (2,3). Çünkü günlük hayatta yaptığımız aktivitelerin büyük çoğunluğu ayaklar zemin üzerinde sabitken veya tek ayak pozisyonda yapılmamaktadır. Sürekli bir hareket halinde ve sürekli vücut pozisyonlarımızı değiştirip yeni duruma adapte olarak hareket etmekteyiz (11). Rehabilitasyonda mümkün olduğu kadar günlük aktivitelerimizin benzeri eğitimlerle bireyi tedavi etmemiz gerekmektedir (1,3). Günümüzde kullanılan denge sistemlerinde genel prensip ayaklar yerde sabit farklı temas yüzeyleri üzerinde denge sağlamaya yöneliktir. Bu egzersizler sabit bir vücut pozisyonu üzerinde genelde *BOSU* (4), stabilite eğitimi (4) gibi yumuşak yüzeyler veya *wobble board* (10,12,13), *rocker board* (4,5) veya *Nintendo Wii* (11,12,14) gibi oyun konsolları ile uygulanmaktadır. Çoğu zaman birey yaralanmış veya problemli ekstremitesi ile zemine baskı vermekten kaçınmaktadır (12). Bu sorunu da güncel sistemlerle kontrol altında tutmak mümkün olmamaktadır. Bu durum bireylerde korkuya sebep olup motivasyonu düşürmektedir (6,15). Literatürde birçok denge sistemi bulunmasına rağmen hem doğru ağırlık aktarmayı sağlayan hem de

fonksiyonel, bütüncül bir denge sistemi mevcut değildir. Tez çalışmamız için oluşturulan 'Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi (DİBA, Dynamic Inovative Balance)' ile ayak altında bulunan platform ileri geri yöne ve yanlara doğru hareket ederken, vücudun farklı pozisyonlarında egzersiz yapılmasına olanak vermek ve aynı zamanda açısal hareketi birleştirerek üç boyutlu hareket paterninde egzersiz eğitimi sağlamaktır. Bu mekanizma bir kumanda ile fizyoterapist tarafından hareket ettirilebildiği için, bireyin rahatlıkla kontrol altında tutulması ve çalışmaya alınan bireylerin güvenli bir şekilde egzersizlerini yapabileceği şekilde dizayn edildi. Böylece rehabilitasyon programlarında ve antrenman programlarında bireyin doğru motor becerileri öğrenmesini sağlayıp, koordineli ve dengeli şekilde postürünü kullanmasını sağlamak amaçlandı. Bu sayede fonksiyonel ve günlük yaşam aktivitelerine en yakın şekilde egzersiz programlarının oluşturulması amaçlandı. Geliştirilen prototipin bireylerin denge ve fonksiyonelliği üzerine etkisi bilinmemektedir. Bu çalışmada DİBA'nın hem bireylerin dinamik ve statik dengeleri hem de bireylerin fonksiyonel parametreleri üzerine etkinliğinin değerlendirilmesi hedeflendi.

HİPOTEZLER

- Hipotez 01: Sporcu bireylerde DİBA ile fonksiyonel ve denge eğitiminin, standart denge eğitimine göre dinamik denge üzerine etkisi yoktur.
- Hipotez 02: Sporcu bireylerde DİBA ile fonksiyonel ve denge eğitiminin, standart denge eğitimine göre statik denge üzerine etkisi yoktur.
- Hipotez 03: Sporcu bireylerde DİBA ile fonksiyonel ve denge eğitiminin, standart denge eğitimine göre fonksiyonellik üzerine etkisi yoktur.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Denge

Denge birçok duyusal, motor ve biyomekaniksel bileşenlerin kullanılarak vücut ağırlık merkezinin destek yüzeyi sınırları içerisinde tutabilmesi olarak tanımlanmaktadır (1-3,14). Vücut duruşunun statik ve dinamik hareketler sırasında değişen durumlara karşın, istenen pozisyonda kalabilme yeteneğidir (7,15-17).

Denge, kinetik zincir boyunca koordine hareketler yoluyla kontrol edilen kalça, diz ve ayak bileği eklem hareketlerini içerir (13,18,19). Bu hareketler sporla ilişkili hareketlerin akıcılığını oluşturmakta önemlidir. Denge statik bir süreç olarak düşünülmesine rağmen, gerçekte pek çok nörolojik yolu içeren dinamik süreçler bütünüdür (4,15,17,19,20).

Dengenin sürdürülebilirliği için kulaktaki yarım daire kanalları, utriculus ve sakkulus gibi vestibüler aygıtlardan algılanan başın hızlı dönme hareketleri ve başın uzaydaki üç boyutlu pozisyonel duruşu gereklidir (9,20,21). Ayrıca gözlerden gelen, başı yere paralel tutma ve çevre değişken durumlarını algılama gibi afferent bilgi (22) ile periferdeki, kas, tendon, eklem, ligamentler ve deri aracılığıyla iletilen propriyoseptif girdinin doğru şekilde birleştirilmesi gereklidir. Bu bilgilerin tümü toplandıktan sonra, kognitif seviyede birleştirilip, uyumlandırılarak, kas-iskelet sistemi aracılığıyla doğru hareket, reaksiyon, postür veya fiziksel cevap oluşturulmaktadır (17,18,22).

Bu mekanizmalardan herhangi birinin bozukluğu, doğru postürün oluşturulması veya dengenin sağlanmasını aksatabilmektedir. Birçok sportif becerinin başarılı sergilenmesinde ve bu sportif faaliyetler sırasında gerçekleşen yön değiştirme, durma, aktiviteyi başlatma, spora özgü top veya ekipmanları tutma nesneyi hareket ettirme veya vücudun belli pozisyonda korunmasında, dengenin önemli rol aldığı bilinmektedir (4,7,15,19).

2.1.1. Denge Çeşitleri

Horak ve arkadaşlarına göre denge, vücut kütle merkezi değişikliklerine karşı, vücudu statik ve dinamik pozisyonlarda en az kas aktivitesi ile kontrol edebilme yeteneğidir (22). Bu bakımdan dengenin sağlanması ve vücut kütle

merkezinin destek yüzeyinde tutulması uygun nöral mekanizmalar ve kas-iskelet sistemi arasındaki koordinasyon ile sağlanır (20-22).

Denge, *statik* ve *dinamik* denge olmak üzere iki kısma ayrılır.

Statik denge: Stabil bir destek düzeyinde ve eksternal hiçbir kuvvete ihtiyaç duyulmadan genel postürün veya vücut bölümlerinin belirli bir pozisyonda korunması amacıyla otomatik olarak sağlanan dengedir (16,20). Statik denge durumunda yerle temas yüzeyi sabit iken vücudun ağırlık merkezini destek alanı içinde tutabilme durumudur (12,22,23).

Statik denge duruşlarında göz tarafından algılanan doğru bir duyusal girdi ve buna bağlı olarak oluşturulan doğru bir motor cevap ile ideal statik denge oluşturulabilmektedir. Bu nedenle ideal statik dengenin oluşturulmasındaki en önemli parametrelerden biri göz seviyesini yere paralel tutmaktır. Çünkü statik duruş sonrasında oluşturulacak dinamik hareketlerde, doğru uzaysal pozisyonel uyum ve kas aktivasyonu sağlamak için vücut, gözler aracılığıyla doğru girdi almalıdır.

Dinamik denge: Vücudun yerle temas yüzeyi değişken olmakla birlikte eksternal etkenlerin etkisiyle değişen vücut ağırlık merkezini destek yüzeyi sınırlarında tutabilme durumudur (24). Vücut üzerinde etkili olan dış kuvvetlerin, kas ve eklem çevresi yumuşak dokular tarafından dengelenmesi sonucu sağlanır. Bunu gerçekleştirebilmek için iyi bir görsel, vestibüler, proprioseptif ve motor girdiye ihtiyaç duyulmaktadır (16,18,24).

Gribble ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmadaki tanımlamaya göre; dinamik denge, hareket esnasında organizmanın değişen şartlara uyum ve ahenk sağlama yeteneğidir (25). Ayrıca bu çalışmada yorgunluk, ayak bileği burkulmaları, kronik instabilite gibi problemler sonrasında eklem pozisyon farkındalığını veya kas iğciği uyarılabilirlik eşiğinin değişmesiyle dinamik denge de azalmalar olabileceği belirtilmektedir.

Clark ve arkadaşlarına göre yürüme, merdiven inip çıkma, çömelme gibi günlük yaşam aktiviteleri sırasında değişen vücut ağırlık merkezi ve kişi hareket halinde iken oluşan ve değişen durumlara göre vücut pozisyonunu değiştirip

düzenlemesi dinamik denge ile sağlanmaktadır. Bu yüzden dinamik denge, statik dengeye göre daha kompleks bir mekanizmaya sahiptir (26). Bu durumda statik denge vücudun dengesini sabit bir pozisyonda sağlama yeteneği iken, dinamik denge hareket ederken vücudun dengesini sağlama yeteneği olarak özetlenebilir (18,24,26).

Dinamik denge, fonksiyonel hareketler ve günlük yaşam aktivitelerinin temelini oluşturmaktadır. Çünkü günlük yaşam aktivitelerimizin çoğunda birçok kas grubunu beraber kullanırken postüral kontrolü sağlamak gerekmektedir (27). Günlük yaşam aktivitelerimiz içinde nerdeyse hiçbir hareket izole bir kas grubu tarafından açığa çıkarılmamaktadır ve bu aktiviteler sırasında birçok farklı kas grubunun mükemmel uyumu ve farklı hareket ve algı parametrelerinin kombinasyonu ile elde edilmektedir. Bu nedenle de özellikle dinamik denge eğitimleri birçok farklı mekanizmanın ve hareket paterninin kombinasyonunu içermelidir (2,3,16,23). Ayrıca uygulanacak denge eğitimleri günlük yaşam aktivitelerimize mümkün olan en yakın hareket paternlerini içermelidir. Bu sayede doğru ve daha önceden tecrübe edilmiş dinamik hareketler öğrenilerek daha kaliteli ve yaralanma riski azaltılmış hareketler bütünü açığa çıkarılabilir (28,29).

2.1.2. Denge Sistemleri

Denge, vizüel (görsel), vestibüler (işitsel), somatosensoriyel (duyusal), proprioseptif (pozisyonel), kognitif ve kas iskelet sistemi arasındaki bağlantı ile gerçekleşir. Merkezi sinir sistemi tarafından; duyusal, görsel, işitsel ve proprioseptif sistemler aracılığıyla toplanan çevresel girdileri (afferent uyaranları) birleştirir (Şekil 2.1). Böylece buna uygun şekilde düzgün vücut pozisyonu ve postürü sağlayarak efferent uyaranlar aracılığıyla uygun motor hareket ve kassal cevapları oluşturur (2,3,17-22,28,29).

a-Vizüel (Görsel) Sistem: Görme ile çevrenin göreceli hareketi algılanarak buna bağlı pozisyon ve postüral düzeltmeler sağlanır. Gözlerle beraber görsel reseptörleri, bağlantılar yolu ile beynin oksipital bölgesine yansıyan optik sinirleri, okülomotor sistemin kasları ve sinirlerini içerir. Böylece görme dengenin sürdürülmesine yardım ederek çevreye uyum sağlar. Hareket yönü ani olarak değiştiğinde başın farklı yönlere uyum sağlamasına yarayan veya bu sırada

bakışlarını sabit tutmasını sağlayan görsel sistemler bütünü sayesinde denge sağlanmaktadır. Başın aniden her çevrilişinde yarım daire kanallarından gelen uyarılar sayesinde gözler, başın dönüş yönünün tersine ve aynı miktarda hareket eder (28,30). Görsel sistem, vestibüler sistemin en güçlü duyu desteğini sağlar. Bu sistem sayesinde vestibüler sistem tamamen fonksiyonunu gerçekleştiremese bile görsel alanlardan gelen bilgiler sayesinde vücut pozisyonunu görerek düzeltme sağlayabilmektedir (1,30-33).

b- Vestibüler (İşitsel) Sistem: En büyük denge parametrelerinden biri olan vestibüler sistem vücudun veya çevrenin hareketi sırasındaki uygun postüral pozisyonlamayı sağlamaktadır Semisirküler kanallar, utrikulus ve sakkulus aracılığı ile uzaysal pozisyon, başın hareketi ve açısal hızlanmaları sırasında görev alır (9,16,31). Yerçekimine karşı çalışan tonik kasların aktivasyonunu sağlamakla birlikte denge ve koordinasyonu sağlar. Vestibüler refleksler (vestibulo-okuler, otolit, vestibulospinal) baş hareketi sırasında gözler ve gövdeyi stabilize ederek denge ve koordinasyona katkıda bulunur (22,28,31)

Dengeyi oluşturan kompleks sistem içinde vestibüler sistemin en az 3 görevi olduğu bilinmektedir:

1. Vestibüler sistem özellikle başın hareketlerine duyarlıdır. Bu nedenle dinamik veya statik hareket sırasındaki başımızla oluşturduğumuz pozisyon değişikliklerinden sorumludur.

2. Vücudun temel denge prensiplerinden biri olan gözleri yere paralel tutarak düz bakışı sağlar ve objeleri retinada aynı noktada sabitler.

3. Ekstansör grup ve tonik kasların tonusunda etkili olur (3,28,32).

c- Somatosensoriyel *(Duyusal)* ***Sistem:*** Somatosensoriyel sistem, vücuda dışardan gelen uyarıların çeşidini anlaşılmasını sağlayan ve bu uyarıları algılayarak cevap oluşturan merkezi sinir sistemine iletimi sağlayan bir dizi reseptör denilen algılayıcılar bütünüdür. Bu duyu reseptörleri; cilt ve cilt altı epitel doku, çizgili kaslar, kemik, tendon, ligament, eklem ve iç organlar da yer almaktadır. Bu reseptörler gerçekleştirdikleri görevlere ve algılama özelliklerine göre; termoreseptör, fotoreseptör, mekanoreseptör ve kemoreseptör ve serbest sinir

sonlanmaları olmak üzere adlandırılmaktadır. Vücudumuzun tümüne yaygın biçimde yayılmış bu duyusal sistem algılayıcıları; ısı ve sıcaklık, ışık, dokunma, basınç, ağrı, eklem hareketi ve propriosepsiyon denilen eklemlerin uzaydaki pozisyon hissi ve kinesteziyi içeren afferent girdiler bütününü oluşturmaktadır (7,12,33).

Bu duyusal girdileri sağlayan mekanoreseptörler:

Pacini cisimciği: Dokuların hareketi ile uyarılmakla birlikte hızlı adaptasyon göstermektedir. Yüksek frekanslı basınç ve vibrasyona duyarlıdır. Geniş bir reseptör alanına sahiptir.

Ruffini sonlanmaları: Derin dokularda ve eklem kapsülünde bulunmaktadır. Yoğun ve devamlı dokunma, basınç duyusunun sürekliliğini bildirmekle görevlidir. Elimize aldığımız cismi tanımamızı sağlamaktadır. Yavaş adaptasyon göstermektedir. A beta tip lifler içermektedir.

Meissner cisimciği: Vücutta tüysüz deride, parmak uçları, dudak gibi bölgelerde bulunmaktadır. A beta tip lifler içermektedir. Düşük frekanslı vibrasyon duyusuna duyarlıdır. Hızlı adaptasyon göstermektedir. Küçük ve sınırlı bir reseptör alanına sahiptir.

Merkel diskleri: Vücutta tüylü deride bulunmaktadır. Yüzey yapısının belirlenmesini ve farkındalığını ve sürekli temas halindeki cisimlerin algılanmasını sağlamaktadır. Yavaş adaptasyon gösterir. Küçük ve sınırlı bir reseptör alanına sahiptir.

Serbest sinir sonlanmaları: Vücuttaki en geniş alana sahip reseptördür. Başta ağrı hissi olmakla birlikte, basınç ve dokunma hislerinin farkındalığını ve ısı duyusunun iletimini sağlamaktadır. A Delta ve C lifleri içermektedir. Hızlı adaptasyon göstermektedirler.

Krause cisimciği: Termoreseptör olarak görev yapmaktadır. Vücuttaki en küçük reseptördür. Soğuk duyusunun reseptörü olarak görev yapmaktadır. A Gama sinir lifleri içermektedir.

d- Propriyosepsiyon: İlk klasik tanım olarak "propriosepsiyon; vücut hareketlerinin ve eklemlerin uzaydaki pozisyonlanma algısı ile vücut dengesinin kontrolünün sağlanmasıdır" ve bu tanımlanma 1906 yılında Sherrington tarafından yapılmıştır (33,34). "Proprio"; eklemlerin pozisyonu, kaslardaki kuvvet, uzayda oryantasyon gibi vücudun içinden gelen bilgi anlamına gelmektedir. "Kines" hareket, "thesis" ise duyu anlamındadır (7,12,34). Bundan dolayı bu terim eklem hareket duyusu anlamına gelir ve kişinin kendi hareketleri hakkında bilgi verir.

Riemann ve Lephart tarafından yapılan tanımlamaya göre eklem pozisyon hissi vücudun postüral denge ve eklem stabilitesinin sağlanması için alınan afferent uyaranlar bütündür (34,35). Sonraki yıllarda kinestezi denen hareket ve doku gerilim ve değişimlerini içeren postüral değişimlerin de propriosepsiyon duyusunu oluşturduğu belirtilmiştir (36,37). Bu bilgiler ışığında propriosepsiyon tanımı sadece vücut ve eklem pozisyon hissi dışında aynı zamanda hareket ve denge duyusunu da içeren tanımından dolayı daha geniş kapsamları içerir (37). Proprioseptif reseptörler deri, kas, eklem, tendon, ligament ve kapsül gibi birçok dokuda bulunmakla beraber, sıcaklık, ağrı, gerilim, basınç, denge ve aktif ve pasif eklem pozisyon hissi ve vücut pozisyonu hakkında bilgileri pacini, ruffini, meissner, golgi tendon organı ve kas iğciği tarafından merkezi sinir sistemine ileterek gerekli cevapları oluşturmayı sağlamaktadır (3,12,19,34-37).

Propriosepsiyonun iki düzeyi bulunmaktadır; bilinçli (istemli) ve bilinçaltı (reflexle başlayan).

Bilinçli propriosepsiyon, sporlarda, fiziksel etkinliklerde ve mesleki yeteneklerde gerekli ve uygun eklem işlevini mümkün kılar. Bilinçaltı propriosepsiyon, kas fonksiyonunu kontrol eder ve kas algılayıcıları vasıtasıyla eklemlerin refleksif olarak dengelenmesini başlatır (19).

Proprioseptif bilginin üç ana kaynağı olan somatosensoriyel, vestibüler ve vizüel veriler afferent yollarla merkezi sinir sisteminin üç kontrol kademesinde yani spinal kord, beyin sapı ve beyin korteksinde değerlendirildikten sonra, efferent yollarla geri döner ve hareket sisteminde uygun motor yanıtın oluşmasını sağlar (1,12,38).

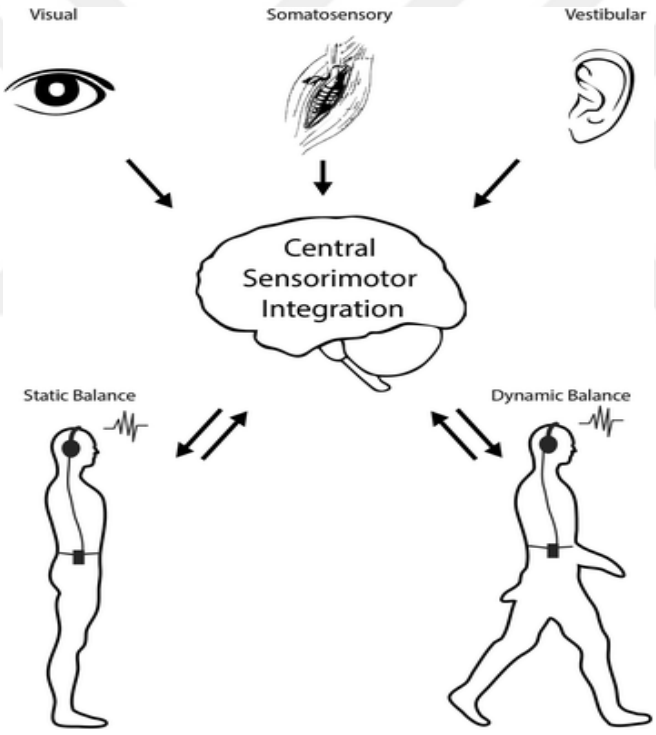
***e- Kognitif* sistem:** Denge için gerekli olan kognitif uyarılar iç kulaktaki denge organlarından, semisürküler kanallardan ve otolit organlardan input alır. Buradan çıkan lifler, N.vestibularis aracılığı ile vestibüler sistemden serebellum'a gelen afferent lifler, pedinculus cerebellaris inferior ile beyinciğin aynı taraf yarısına girer ve lobus flocculonodularis'te sonlanır. Lobus flocculonodularis dengenin sağlanmasında ve göz hareketlerinin kontrolü ve baş-göz hareketlerinin koordinasyonundan sorumludur.

Cerebellumdan çıkan efferent lifler korteksteki purkinje liflerinin aksonlarıdır. Beyincik çekirdeklerinde nöron değiştirdikten sonra efferent yollar oluşur. Sinaps yapan lifler ise nuc. ruber, thalamus ve formatio reticularis'e bağlanır. Bir kısım lifler beyincik çekirdeklerinde kesilmeksizin geçer ve nuc. vestibularis lateralis ve medialiste sonlanır. Buradan tractus vestibulospinal yol ile gerekli olan efferent bölgelere uyarılar ulaşır.

f- Kas iskelet Sistemi: Dengenin oluşması ve postüral kontrolün sağlanması için, vestibüler sistem, oküler sistem ve proprioseptörler yardımıyla duyusal olarak afferent girdilerin merkezi sinir sistemine iletilmesi sonrası merkezi sinir sisteminden oluşan uyarıların harekete veya gerekli cevaplara dönüşmesini sağlamaktadır (34,39). Bu cevaplar özellikle kasların gerilimi, boyu ve pozisyonlarını değiştirerek sağlanmaktadır. Dengenin sağlanmasında kas iskelet sisteminin içerisinde bulunan proprioseptörler ve özellikle ayak bileği, diz ve kalça eklemlerini kontrol eden kasların aktiviteleri çok önemlidir (39,40). Dengenin ve postural stabilitenin sağlanması için kas iskelet sisteminin doğru çalışması, gerekli kas gücünü ve kuvvetini açığa çıkarması, ekstremitelerin anatomik bütünlüğü ve simetrisi, eklem hareket kapasitesi ve doğru bir son his ve normal kas tonusu gereklidir (28,33).

İskelet kasları çalışırken Merkezi Sinir Sistemi (MSS) motor nöronları kas çalışmasının amaca uygunluğunu kontrol edebilmek ve yönlendirebilmek için kasların uzunluk ve gerginlikteki değişimleri hakkında bilgi almak zorundadır. Postür ve hareketlerin düzenlenmesinde, vücut pozisyonun saptanmasında, etraftaki cisimlerin şekillerinin, direncinin, biçiminin, ağırlığının anlaşılmasında reseptörler ve miyofasyal entegrasyon çok önemli rol oynar (3,16,35).

Myers ve arkadaşlarına göre kasları birbirine bağlayan miyofasyalar hareketin açığa çıkarılmasında ve postüral kontrolün saptanmasında önemli rol oynamaktadır. Kasların birbiriyle bağlantısını sağlayan fasya bütünlüğü yeterince uygun değilse kasların çekiş açılarını ve yüklenme kapasitelerinde bozulmalara sebep olacaktır. Çünkü fasyalar dokuları bir arada tutan yapılardır. Bu nedenle doğru bir duyusal girdi sağlansa bile doğru bir denge, postüral kontrol veya hareket açığa çıkarılamayacaktır (41). Dinamik veya statik denge eğitimlerinde uygulanacak yöntemlerde kaslar arasında bulunan fasyal kas zincirlerine göre eğitim vermek gerekmektedir. Bu sayede açığa çıkacak fonksiyona uygun hareketler bütünü sağlanabilir.



Şekil 2.1. Denge sistemlerini oluşturan parametrelerin gösterimi (29).

2.1.3. Dengenin Kontrolü

Bir hareketten diğerine geçerken, vücudun uyum göstermesi ve dengesini koruyabilmesi için destek yüzeyinin yeterince geniş olması, bireyin ağırlık merkezi

destek yüzeyine yeterince yakın olması ve vücut yerçekimi hattının destek yüzeylerinin arasına düşmesi gerekmektedir (42).

Guyton ve Hall, dengenin kontrolünde en büyük problemlerden birini vücudun çeşitli kısımlarından gelen pozisyon ve hareketlerin hızı ile ilgili sinyallerin beyne ulaşması için geçen süre olarak tanımlamıştır. Spinocerebellar efferent sistem en hızlı ileti gerçekleştiren duyusal yol olmasına rağmen afferent duyuların beyine ulaşması sonrasında açığa çıkan efferent cevaba kadar geçen süre içerisinde doğru bir vücut entegrasyonu için sadece uyarının geldiği hareketin oluşması yeterli değildir. Bu sırada vestibüler sistemle olan entegrasyon sayesinde diğer vücut kısımlarının doğru bir denge duruşunda olması ve hareketin hızı ve yönünün de düzenlenmesi gerekmektedir. Bu hesaplamaların sonuçları, bir sonraki sıralı hareket için beyin işleminin anahtarıdır. Böylece denge düzenlenirken, hareket yönünün çok hızlı değişimi dâhil çok hızlı hareketlerde bile dengenin korunmasına gerekli olan postural motor sinyallerin önceden düzeltilmesi için vestibüler apareyden gelen bilginin bir feedback kontrol devresinde kullanıldığı sanılmaktadır (43).

Yapılacak herhangi bir harekette dengenin kontrol edilebilmesi için her şeyden önce, vücudun içinde olduğu pozisyonun ve uzaysal algısının farkında olması gerekmektedir (33,34). Bu farkındalık bile tek başına dengenin kontrolünde yeterli değildir. Ayrıca hareketin veya dengenin oluşması kadar vücudu doğru pozisyonlama ve kaliteli hareketin açığa çıkarılması da yaralanmaların önlenmesi ve dengenin sağlanması için önemlidir (12,43,44).

Haksever ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmaya göre, birçok yaralanma sonrası, korku, ağrı, sakınma, yaralanmış bölgeyi kullanmama gibi durumlardan dolayı bozulan dinamik stabilizasyon ve eklem algıları doğru bir şekilde rehabilite edilmezse, yaralanmalara bireyleri açık hale getirerek proprioseptif ve somatosensoriyel algıların bozulmasına sebep olacaktır (12). Dengeyi sağlamak için gerekli olan algısal çevremizi görsel, vestibüler ve vücut duyusu (somatosensoriyel) reseptörlerinden akan veriler sayesinde beynimizde oluştururuz. Bu nedenle uygulanacak egzersiz ve rehabilitasyon programlarında doğru ve kaliteli dengenin kontrolü ve postüral doğru dizilimi sağlamak gerekmektedir (1,35,44).

2.2. Propriosepsiyon ve Dengenin Etkilenimi

Proprioseptif duyunun eksikliği veya bozukluğu yanlış duyusal girdi bilgilerinin merkezi sinir sistemine iletilmesi ile fonksiyonel olarak yürüme hızında azalma, dinamik ve statik dengede bozulma, adım uzunluğunda kısalma, toplam yürüme süresinde azalma, yürüyüş ritminde bozulma veya düşme gibi problemlere sebep olabilmektedir. Bu nedenle de propriosepsiyon dinamik ve statik dengenin ayrılmaz bir parçasıdır (34,35,38). Mutlaka propriosepsiyon eğitimleri ve testleri denge eğitimleri ve testleri ile birlikte ele alınmalıdır. Bu sayede daha etkili antrenman programı ile yaralanma riskleri minimuma indirilebilmektedir (38).

Antrenman sırasında eklemleri zorlayabilecek aşırı eklem hareketleri sırasında meydana gelen fizyolojik sınırdaki hareketler, golgi tendon organı veya kas iğciği gibi proprioseptif reseptörlerden impulsların oluşmasına sağlar. Bu sayede vücutta aşırı hareket sırasında oluşabilecek yaralanmaları önlemek için proprioseptörler, merkezi siniri sistemine gerekli uyarılar gönderir veya medulla spinalis seviyesinde cevaplar oluşturulmasını sağlar. Bu geri beslenme sayesinde aşırı ekstremite hareketlerine bağlı sporda görülen yaralanmalarda koruma sağlayarak profilaktik bir rol üstlenmektedir (12,37,38,39). Bu reseptörlerden gelen proprioseptif uyarılar ile günlük yaşam ve spor sırasında kişinin koordinasyonu düzenlenir. Yapılması planlanan hareket ile yapılan hareketler arasında uygunsuzluk varsa santral sinir sisteminde uygun düzeltmeler yapılır ve zamanla daha uygun hareketler öğrenilebilir. Hareketler daha hızlı ve daha yumuşak hale getirilebilir. Kişinin becerisi de bu uyumda önemlidir. Motorik becerilerin kazanılmasında proprioseptif sistem ciddi önem taşır (27,39).

2.3. Dinamik Postüral Kontrol ve Denge

Dinamik postür ve denge birbirinden ayrılamayan bir bütün halindedir. Çoğu tanımlamada birbirine yakın olduğu için karıştırılmasına rağmen aslında dinamik postürün sağlanması için denge parametresinin oluşması gerekmektedir. Denge statik bir süreç olarak düşünülmesine rağmen, gerçekte pek çok nörolojik yolu içeren dinamik süreçler bütünüdür (43-45). Bu uyum vestibüler, proprioseptif ve görsel verilerin merkezi sinir sisteminde değerlendirilip, birleşip, gerekli ve uygun hareketler bütününün oluşturulması ile sağlanmaktadır (1,3,34,35,41,42).

Yerçekimi merkezi, bireylerde her iki bacağa eşit ağırlık verilerek dik duruş sırasında S2 vertebranın hafifçe önündedir. Gövdenin, başın ve ekstremitelerin herhangi bir hareketi sırasında denge noktası sürekli olarak yer değiştirir (45). Vücut vestibüler, görsel proprioseptif ve somato-sensoryal sistemler aracılığıyla aldığı bilgiler ile gerekli olan kassal ve eklemsel düzenlemeleri yaparak vücudu doğru duruş pozisyonda tutmaya çalışır. Bu doğru duruş pozisyonuna başka bir deyişle postür denilmektedir. Bu nedenle doğru bir duyusal girdi sağlanması ve doğru şekilde dinamik dengenin sağlanması ile ancak iyi bir dinamik postüral kontrol elde edilebilir (2,3,13,44).

Vücut, kas aktivitesi sırasında ligamentlerin desteği ile stabilite sağlamak veya bir harekete temel teşkil etmek için, birçok kasın uyumlu çalışması sonucunda düzgün bir duruş elde eder (46).

Postür, vücudun her kısmının, kendisine bitişik segmente ve bütün vücuda oranla en uygun pozisyonda yerleştirilmesidir (20,26,47). Postürde düzgünlük, "Eklemlerin doğru ve normal kaldırabilir sınırları içinde yüklenme ile karşı karşıya kalarak ve minimum enerji kullanılarak sağladığı postürdür (48). Postürün düzgün olmayışı zamanla kas ve eklemlerde kalıcı değişikliklere ve bunlarda birçok farklı hastalığa neden olur. Günlük yaşam aktivitemizde kullanılan yürüme, çömelme, öne eğilme, uzanma gibi fonksiyonel hareketlerimizde kısıtlılıklar ve bu pozisyonlardaki yüklenme kapasitesi düşmektedir. Bundan dolayı da yaralanmalara daha açık hale gelinmektedir (4,7,13,34).

Yaralanmaların sonrasında veya öncesinde yapılacak fonksiyonel ve günlük yaşam aktivitelerimize en yakın eğitimler ve hareketler, eklemlerin proprioseptif hafızasını aktif tutup, dokuların yüklenme kapasitesini yüksek tutacağı için yaralanma mekanizmalarını önlemesini sağladığı belirtilmektedir (34,36-38).

Dengede olduğu gibi postür kavramı da statik ve dinamik olarak ikiye ayrılmaktadır.

Statik postür sabit duruş pozisyonunda herhangi bir hareket gerçekleştirmeden belirli durduğumuz pozisyonları sürdürebildiğimiz hareketsiz duruştur. Kasların eklemleri stabilize etmeleri için statik olarak kasılmalarını ve

yerçekimine karşı koymalarını gerektirir. Bunu sağlamak için özellikle stabilizatör ve tonik kasların aktif halde vücudu dik tutması gerekmektedir (16,44,47).

Dinamik postür; hareketler sırasındaki vücudu kontrol altında ve stabilize halde tuttuğumuz vücut pozisyonlarıdır (48). Anatomik yapının yanı sıra oturma, çömelme, diz çökme, ayakta durma ve bağdaş kurma gibi kültürel farklılıklar da postür üzerinde belirleyici olabilir.

Dinamik postüral kontrol genelde tek bacak üzerine konma olarak tanımlanmaktadır (49). Ancak iki bacak üzerinde durma stratejisi ve bu duruş sırasındaki dinamik postür de birçok hareketin temelini oluşturmaktadır. Yapılan bir çalışmada iki bacak üzerine konma stratejisi ile dinamik postüral kontrol arasında anlamlı ilişki bulunduğunu ve dinamik postüral kontrol bozukluğu olan bireylerde yaralanma riskinin diğer kişilere göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir (49).

Statik ve dinamik postürlerin oluşması için birçok farklı komponent bir araya gelmelidir. Sadece kas kuvveti dışında, eklem stabilitesi, doğru sinir iletimi, iyi proprioseptif girdi, cinsiyet, vücut ağırlığı, geçirilmiş travma, fiziksel aktivite düzeyi, fonksiyonel antrenman düzeyi gibi birçok etken bulunmaktadır (16,34,50,51).

Kaslar arasındaki fasyal bağlantılar günlük yaşam aktivitelerimize uygun şekilde oluşmuştur. Vücuttaki bu bağlantıların amacı daha az enerji harcayarak daha büyük ve doğru hareket açığa çıkarmaktır. Örneğin bir futbolcunun topa vurmak için gerindiği pozisyonda topa vuracağı bacak önce ekstansiyona gider ve torakolumbal fasya aracılığıyla karşı taraf kolda aynı şekilde ekstansiyon hareketi gerçekleştirerek maksimum ekstansor güç biriktirir, bu sırada anterior kaslar uzayıp gerilerek, vuruş fazından önce gerilir. Topa vuruş anında kısalan gluteus maksimus kası ve diğer taraf latissimus dorsi kasları uzarken, ön taraftaki, addüktör, iliopoas kası ve quadriceps kası, anterior fasya zinciri aracılığıyla bağlandığı karşı taraf abdominal ve eksternal oblik kaslar kasılarak maksimum kuvvet açığa çıkarılır (41).

2.4. Denge ve Fonksiyonel Antrenmanın Spordaki Önemi

Dengenin ve dinamik postüral kontrolün birçok sportif becerinin başarılı sergilenmesinde, yön değiştirmede, durmada, başlamada, tutma konusunda, nesneyi hareket ettirmede, vücudun belli pozisyonda korunmasında ve günlük yaşam aktivitelerinde önemli roller aldığı bilinmektedir (3,10,13,20-22,52). Bu nedenlerle özellikle son dönemlerde fonksiyonel antrenman kavramı oldukça popüler olarak uygulanmaktadır (20-22,35,36,42).

Ön Çapraz Bağ (ÖÇB) ve dizin biyomekaniği, kinematiği, fonksiyonları ve doku kuvvetlerine ilişkin bilgilerin artmasıyla günümüzde "Fonksiyonel Rehabilitasyon" kavramı kabul görmektedir (2,7,12,52,53). Risberg ve arkadaşlarının ÖÇB cerrahisi sonrası rehabilitasyonda standart kuvvetlendirme programı ile nöromusküler rehabilitasyon programını 3. ve 6. aylarda fonksiyonel yönden karşılaştırmışlar ve nöromusküler rehabilitasyon programının dizin stabilizasyonu ve fonksiyonel testleri yönünden üstünlüğünü belirtmişlerdir (54). Bu bağlamda rehabilitasyon programı mutlaka nöromusküler eğitimi (12,32,33,39,40), koordinasyonu, dengeyi ve propriosepsiyonu (2,11-15,40-44), açık ve kapalı zincir egzersizlerini (11,55) ve performans ve spora yönelik egzersizleri içermelidir (16,30,54).

Denge ve postür kavramları kinetik zincir boyunca koordine hareketler yoluyla kontrol edilen bel, kalça, diz ve ayak bileği eklem hareketlerini içerir. Bu hareketler sporla ilişkili hareketlerin akıcılığını oluşturmakta önemlidir (41,55).

Postural stabilitenin ve denge kontrolünün duyusal temel dinamiği propriyosepsiyon sisteminin sağlıklı işlemesi, olası problemlerinin rehabilite edilmesi, organizmanın denge ve performans düzeyi ile ilişkili olup çeşitli egzersizlerle rehabilite edilmesi mümkündür.

Schmidt ve arkadaşları yapılan sporlarda, denge eğitiminin düzenli uygulanması ile performansta artışın ve vücudun postürünü koruyabilmede etkili olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle özellikle dinamik ve çok yönlü ani değişim gerektiren sporlarda dinamik ve fonksiyonel yön değiştirmeyi sağlayan çalışmaların önemine dikkat çekilmiştir. Denge sportif performansın geliştirilebilmesinde önemli bir motorik ve duyusal özellik olduğu gibi çeşitli spor

yaralanmalarının rehabilite edilmesinde ve organizmanın süratle normale dönebilmesinde önemli bir faktördür

Guskiewıchz'e göre de: proprioseptif eksiklik ve hareket genişliği kayıpları kişinin yerçekimi merkezini destek yüzeyinin dışına çıkarabilir veya destek yüzeyinin içinde tutmasını engelleyebilir. Bu durumda dengenin sağlanması daha zor olacağından eklem stabilitesi sağlanamayabilir. Kişileri yaralanmalara daha açık hale getirebilir. Dengenin sürdürülebilmesi eklem yaralanmalarının rehabilitasyonunda gözden kaçırılmaması gereken hayati bir unsurdur. Eklem pozisyon hissi ve kinestezi (eklem hareket duyusu), denge gerektiren tüm sportif performanslar için önemlidir (56).

Yapılan çalışmalara göre kapalı kinetik zincir egzersizleri, kalça, diz ve ayak bileği eklemlerini çoklu olarak çalıştırdıkları için daha fazla mekanoreseptör ve proprioseptif algı açığa çıkarabilmektedir. Bu sayede daha fazla refleksif cevap oluşmaktadır. Bu egzersizlere örnek olarak bacak press, squat, dairesel koşma, sekiz çizme, tek bacak üzerinde zıplama, ayaklar kalkmadan sıçrama, lateral eğilme ve çapraz yürüme verilebilir (53,55).

Denge eğitimleri propriyoseptif egzersizlerin ayrılmaz bir parçasını oluşturmaktadır. Bu egzersizler propriyoseptif sistemi daha çok statik aktivitelerle eğitmektedir. Alt ekstremitelerde uygulanabilecek aktiviteler; tek-ayak üzerinde dengede durma egzersizleri, progresif olarak zorlaştırılan denge tahtası (*wobble board*) egzersizleri ve *BOSU* egzersizleridir. Aynı zamanda bu egzersizler dinamik hale getirmek için fizyoterapist tarafından birey yön belirtmeden vücudun farklı bölgelerinden dengeyi bozmaya yönelik dokunmalar sağlayarak dinamik denge eğitimi uygulanmaktadır (36,37,53-56).

Uygulanan fonksiyonel antrenmanlar, birçok eklemi beraber hareket ettirmekle birlikte, kişilerin günlük yaşamda kullandıkları hareketlerin (yürüme, çömelme, öne adım alma, geriye adım alma, öne uzanma, yanlara uzanma veya yana yürüme) benzerini veya pratiğini sağlaması gerekmektedir. Bu nedenle günümüzde fonksiyonel antrenman veya dinamik denge veya postür eğitimi için kullanılan ekipmanlar tam olarak bu etkileri vermemektedir (22,34,36,55).

Çünkü antrenmanlar esnasında komplike şekilde yapılan motor hareketler için dinamik ve statik denge ve postüral kontrol gerekmektedir. Dinamik ve statik denge ise görsel, işitsel ve somatosensoryel kompleks koordinasyonunun sonucunda ortaya çıkan cevaptır. Bu üç afferent girdiden elde edilen cevap ekstremite kaslarına gönderilerek, postural stabilitenin korunması için uygun kassal cevabı belirtir. Böylece gerekli olan denge kontrolü sağlanmış olur (2,13,23-26,57).

2.5. Denge ve Fonksiyonel Ölçümler

Denge ve fonksiyonel seviyeyi ölçmek için birçok test parametresi ve ölçümü geliştirilmiştir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte laboratuvarda uygulanan yöntemler daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Denge yeteneğini ölçmek için geliştirilmiş ölçüm yöntemleri şunlardır:

1. Hareket analizi ölçümleri
2. Vücut salınımı ölçümleri
3. EMG ölçümleri
4. Denge ölçümleri
5. Fonksiyonel ölçümler

2.5.1. Hareket Analizi Sistemleri

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte birçok hareket analiz sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemler yüksek bilgisayar ve elektronik destekli ve vücudun belirli eklem referans noktalarına konan algılayıcılar aracılığıyla kişinin eklemlerinde oluşan hareketleri ekrana yansıtan sistemlerdir. Bu sistemlerde, belirlenen vücut bölgelerinden alınan sinyallerle, bilgisayarlarda ölçümü yapılan kişinin hareketlerinin üç boyutlu görüntüleri oluşturulur. Geliştirilen üç boyutlu analiz sistemleriyle, hareket halindeyken veya dururken vücut bölgelerinin pozisyonlarına göre gravite merkezi ölçülür ve denge kontrolü değerlendirilir (28).

2.5.2. Vücut Salınımı Ölçüm Sistemleri

Vücut salınımıyla birlikte, ayak basınç merkezleri, vücut ağırlık merkezi ve denge noktaları değişmektedir. Bu testlerde amaç basınç merkezinin veya gravite merkezinin zamanla birlikte yer değişimlerini ölçmektir. Vücut salınımı birçok farklı şekilde ölçülmektedir. Bununla ilgili aynı amaca hizmet eden fakat mekanizmaları farklılık gösteren birçok sistem mevcuttur (45).

2.5.3. EMG Ölçümleri

Kas kontraksiyonu ile ilişkili olan elektrik sinyalleri EMG aracılığıyla ölçülür. Denge sistemleri üzerindeyken kas kontraksiyon miktarları ölçülerek kullanılmaktadır. Ayrıca postural dengenin sağlanmasında motor sistem olan kasların kasılması ölçülerek, bozulan dengeyi düzeltmek için oluşturulan hareket paternleri ve reaksiyon zamanları hakkında bilgiler elde edilir (33,37,57).

2.5.4. Denge Ölçümleri

Denge ölçüm sistemleri, klinikte kullanılan ve uygulaması kolay testlerdir. Ayrıca çoğu ölçüm sistemi fonksiyonel olduğu için pahalı ekipman gerektirmemektedir. Literatürde birçok farklı sistem dengenin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Dengenin değerlendirilmesi için stabilometri sistemleri (44,50,57), Denge skalaları ve anketleri ayrıca bilgisayar destekli denge ölçüm sistemleri mevcuttur. Fakat denge ölçümü için genel geçer bir ekipman olmamasına rağmen, test sonuçlarında denge kontrol sistemleriyle ilgili ayrıntılı bilgiler elde edilmesi için bilgisayar destekli stabilometre ekipmanlarıyla kombine kullanılması önerilmektedir (50,57). Literatürde bazı vücut salınım eğitimi için kullanılan ekipmanlar aynı zamanda eğitim öncesi ve sonrası kullanılarak veya kullanım sırasında elde edilen sayısal verilere göre test ekipmanı olarak kullanılabilmektedir (50). Ayrıca çalışmamızda da kullanılan Y denge testi ve Flamingo denge testleri bulunmaktadır.

a- Y denge testi (YDT): Dinamik dengenin ölçülmesi için Star Excursion Balance Test'in (SEBT) kısaltılmış hali olan YDT literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Testin geçerlilik güvenilirliği Plisky ve arkadaşları tarafından, ICC aralığı intrarater 0,85-0,91 ve interrater aralığı 0,99-1,00 olarak belirlenmiştir (17). Bu çalışmaya

göre dinamik dengenin ve tek bacak üzerinde durma sırasında fonksiyonel uzanmanın sporcularda gösterilmesi yönünden yüksek geçerlilik oranına sahiptir.Testin uygulanışının kolay oluşu ve 3 yöne değişimi göstermesi yönünden avantajları mevcut olan bir testtir.

b-Flamingo denge testi (FDT): Statik dengenin değerlendirilmesi için literatürde çocuklar üzerinde, sağlıklı genç yetişkinlerde ve sporcular üzerinde uygulanabilir olduğunu belirtmektedir (18,19). Barabas ve arkadaşları flamingo denge testinin sporcularda uygulanmasını önermekle birlikte yüksek stabilite göstergesi olduğunu belirtmektedirler (18). Panjan ve Sarabon, testin geçerlilik ve güvenilirlik ICC oranını 0,61 olarak belirlemiştir (19). Ayrıca bu çalışmada FDT'nin az ekipman gerektiren, düşük maliyetli ve rahat uygulanabilir olduğunu belirtmektedirler.

2.5.6. Fonksiyonel Ölçümler

Fonksiyonel performans değerlendirmesinde; güç, kuvvet, esneklik, patlayıcı kuvvet, hız ve çeviklik gibi birçok parametre spora özgü olarak değerlendirilebilir. Bu testlere örnek olarak "zamanlı kalk yürü testi", "fonksiyonel uzanma testi" (58) ve Monitorize Fonksiyonel Squat System (7,12) veya saha testleri kullanılabilir. Bu çalışmada tek bacak sıçrama (19) ve fonksiyonel öne uzanma (58) kullanıldı.

a-Fonksiyonel uzanma testi (FUT): Fonksiyonel olarak bireylerin hem dengesini hem de dinamik uzanma miktarını ölçmek için uygulanmaktadır. Bu test genel olarak ileri yaşlı bireylerde uygulanmakla birlikte yetişkin bireylerde de uygulandığını gösteren çalışmalar literatürde mevcuttur (16,19,20). Lin ve arkadaşları tarafından geçerlilik ve güvenilirlik ICC oranını 0,87 olarak belirlenmiştir (16).

b-Tek bacak sıçrama testi (TBS): Özellikle alt ekstremite fonksiyonel performansı değişimi, stabilizasyon, dinamik stabilite ve bacak güç değişimini belirlemek için kullanılmaktadır (19,20,40,59). Haitz ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada TBS testi geçerlilik ve güvenilirlik ICC oranını 0,91 (0,87-0,94) olarak belirlenmiştir (59). Sporcularda ve sağlıklı genç bireylerde spora dönüş safhasında fonksiyonel performansın değerlendirilmesi için kullanımı kolay oluşu ve ekipman gerektirmemesi bakımından kullanılmaktadır (19,40,59).

2.6. Fonksiyonel Antrenman ve Denge ekipmanları:

Literatürde ÖÇB cerrahisi sonrası denge eğitiminde genellikle yumuşak yüzeyler, vibraplate, '*Wobble Board*', '*BOSU*' ve çeşitli yönlerde denge eğitimine izin veren farklı boyutlarda denge tahtaları kullanımı yaygındır (12,14,35,36,38,42-45,58). Ayrıca denge tahtalarının cerrahi sonrası denge üzerine olan olumlu etkileri kanıtlanmıştır. Fakat denge tahtalarının kullanımı hastalarda ilk başlarda korkuya daha sonraki dönemlerde ise sıkılmalarına ve hastalarda motivasyon düşüklüğüne sebep olmaktadır (55,58).

Nepocatych ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, bayanlara uygulanan çok yönlü *BOSU* eğitimin dinamik denge yönünden etkisi bulunmazken, postural kontrol ve statik denge yönünden olumlu etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda *BOSU* eğitimi statik denge ile beraber fonksiyonel yönden de gelişim sağlandığını belirtmişlerdir (58).

Literatürde Nintendo Wii'nin rehabilitasyonda en sık denge üzerine olan etkileri araştırılmıştır (7,12,60). Nintendo Wii'nin mekanizma olarak ağırlık aktarma ve ani yön değiştirip uyum sağlama temeline dayalı oyunlarının fazla olması ve isim olarak 'Denge oyunları' adı altında başlıkları olması denge rehabilitasyonu üzerine olan etkilerinin daha ön plana çıkmasına neden olmuştur.

Literatürdeki birçok çalışma Nintendo Wii ile yapılan eğitimin denge üzerine olumlu etkisi olduğunu açıkça göstermektedir. Fakat bu çalışmalar genellikle, hastaların psikolojik çöküntü durumları, kooperasyondaki zayıflıkları ve dikkat dağınıklığı gibi sebeplerden dolayı nörolojik rehabilitasyon hastalarına veya yaşlı hastalara uygulanmaktadır (60,61).

DeSalvo'nun yaptığı çalışmada; 28 sağlıklı bireye 8 hafta boyunca haftada 2 gün Nintendo Wii ile uygulanan uzun süreli denge eğitimi sonrası, çalışma grubundaki bireylerde dengede artış sağlanırken bu artış anlamlılık göstermemekte olup daha ileri çalışmalara gerek duyulduğu belirtilmektedir (62).

Literatürde dinamik ve statik denge eğitimi ile ilgili vücut vibrasyon sistemlerinin etkisi ile ilgili yapılan bazı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda vibrasyon sistemlerinin etkileri ile ilgili çelişkili sonuçlar olmasına rağmen,

literatürde kullanımı ve bazı olumlu etkileri mevcuttur (58,63,64).

Birçok çalışmaya göre özellikle dinamik denge ve fonksiyonel antrenman için uygulanan ekipmanların yeterliliği ve etkinliği için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (29,30,32,40,57,65).

Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi (DİBA, Dynamic Inovative Balance) literatürde dinamik hareket ve fonksiyonel hareketi açığa çıkaran yeterince fonksiyonel ekipman bulunmaması nedeniyle oluşturulması planlandı. DİBA'nın oluşturulma amacı spor alanında bütüncül bakış açısı ile bireylerin aynı anda hem fonksiyonel çalışmasını sağlamak hem de ayağın yerle temas yüzeyinin fizyoterapist tarafından değişimini sağlayarak vücut adaptasyonlarını geliştirmek için tasarlandı. Bu sayede yaralanmaların önlenmesi ve fiziksel performans yönünden olumlu etkisi olacağı düşünüldü. Etki mekanizması, postüral kontrol, dinamik denge veya dinamik postür aktivitesini gerçekleştirmek için yerle temas yüzeyi hareketli olacak şekilde tasarlandı. Bu sayede ağırlık merkezini sadece üst gövdenin salınımı ile destek yüzeyinin dışına çıkararak değil aynı zamanda alt ekstremitelerin hareketi ile sağlayarak bireyin yeni duruma adaptasyonu geliştirilebilir. Cihazın yanlara doğru açılım sağlaması ve aynı anda ileri geri hareket sağlaması sayesinde birçok farklı yönde hareket paternine izin vermektedir. Postüral kontrol ve dinamik denge eğitimleri sırasındaki, özellikle günlük hayatta en çok kullanılan yürüme, öne ve yana adım alma gibi hareketler kullanıldığı veya izole bu hareketler sırasında egzersiz, eğitim veya rehabilitasyona olanak sağlayan herhangi bir ekipman veya çalışma literatürde bulunmamaktadır.

3. BİREYLER VE YÖNTEM

Bu çalışma sağlıklı bireylerde DİBA ile uygulanan denge eğitiminin, denge tahtası ile uygulanan eğitiminin denge ve fonksiyonel düzey üzerine etkilerinin karşılaştırılması amacıyla prospektif randomize kontrollü planlandı. Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli etik kurul onayı GO 13/02 kayıt numarası ile Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar etik kurulundan alındı (Ek-1). Ayrıca Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından THD-2016-8687 kayıt numaralı doktora tezi hızlı destek projesi olarak desteklendi.

3.1. Bireyler

Çalışmaya dahil edilecek bireyler, 'American Collage of Sports Medicine' tarafından belirlenen kriterlere göre sağlıklı ve uygun fiziksel aktivite seviyesine sahip erkek bireyler (haftada 3 gün en az 30 dakika ile 60 dakika arasında orta yoğunlukta egzersiz yapan, yani bireyi terleten veya soluk almasını zorlaştıran yüzme, koşma bisiklet sürme gibi) arasından seçildi (66,67). Bu bireyler profesyonel futbol takımında bulunan sporcular veya sağlıklı yaşam merkezine başvuran, haftada en az 3 gün 60 dk egzersiz antrenmanı yapan sağlıklı erkek bireyler arasından seçildi. 48 birey çalışma için değerlendirildi ve çalışmaya dahil edilme kriterlerini yerine getiren 36 birey dahil edildi. Çalışmaya alınan bireylere, çalışmanın amacı anlatılarak değerlendirme yöntemleri ve testler hakkında bilgi verildi. Ayrıca çalışmaya dahil edilen bütün bireylere, onam formu imzalatılıp, bütün bireylerin çalışmaya kendi istekleri ile katılımları sağlandı. Bireylerin çalışmaya dahil edilme ve dahil edilmeme kriterleri aşağıdaki gibidir:

<u>Çalışmaya dahil edilme kriterleri;</u>

- 18-32 yaş arasında olan,
- Son 6 ay içinde herhangi bir alt ekstremite yaralanması geçirmeyen,
- Herhangi bir kronik alt ekstremite ağrısı olmayan,
- Herhangi bir alt ekstremite cerrahisi geçirmeyen,
- Dominant bacağı sağ taraf olan bireyler
- Sağlıklı gönüllü bireyler dahil edildi.

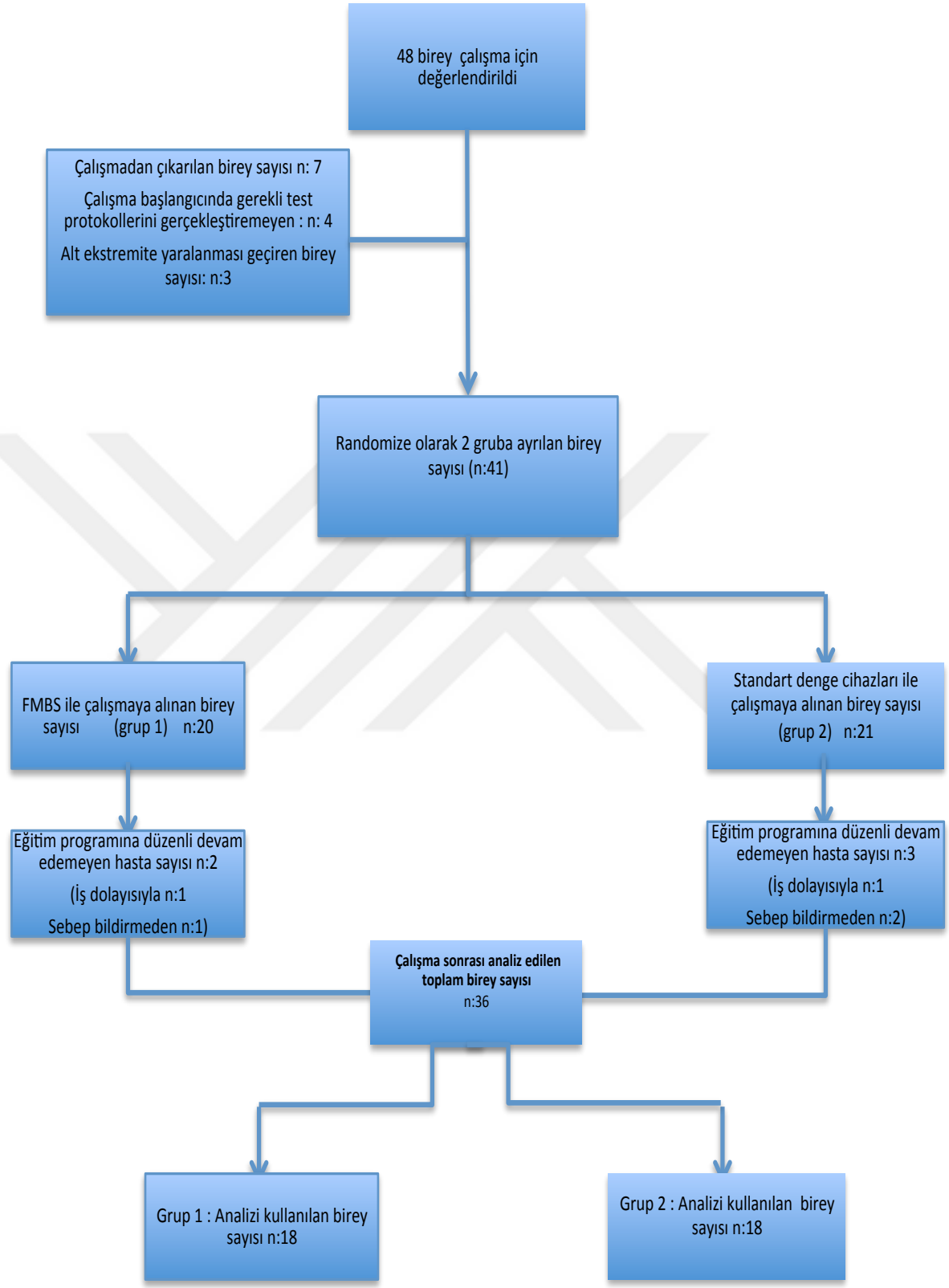
Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri;

- Çalışmaya devam etme ve egzersizleri uygulama sırasında isteksiz olmak,
- Sistemik ve nörolojik problemin olan,
- Eğitim programına düzenli devam etmeyen,
- Üst üste en az 3 eğitimini aksatan,
- Üst üste en az 2 değerlendirmesini aksatanlar
- Çalışma süresi boyunca, günlük yaşam aktiviteleri sırasında herhangi bir alt ekstremite yaralanması geçirmiş bireyler çalışmadan çıkarıldı.

Çalışmaya dahil edilme ve çıkarılma kriterlerine göre belirlenen bireyler için çalışmanın birey akış diyagramı Şekil 3.1.' de gösterildi.

Çalışmaya alınan bireyler randomize kontrollü çalışma olarak ve bilgisayar destekli randomizasyon yöntemi ile 2 ayrı gruba ayrıldı. Birey akış diyagramında belirtildiği gibi dağılımı gerçekleşen bireyler için, çalışma grubuna DİBA ile fonksiyonel egzersiz programı uygulanan 18 sağlıklı sporcu erkek birey dahil edilirken, kontrol grubuna da standart denge sistemleri ile fonksiyonel egzersiz programı uygulanan 18 sağlıklı sporcu erkek birey dahil edildi.

Şekil 3.1. Birey akış diyagramı



3.2. Yöntem

Bu çalışma, literatürde bulunmayan ve üretimi hızlı destek projesi olarak, Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen DİBA çalışması 3 aşamada gerçekleştirildi.

1. Adım, DİBA oluşturuldu.

2. Adım, bireyler dahil edilme kriterlerine göre, seçildi ve 2 gruba ayrıldı.

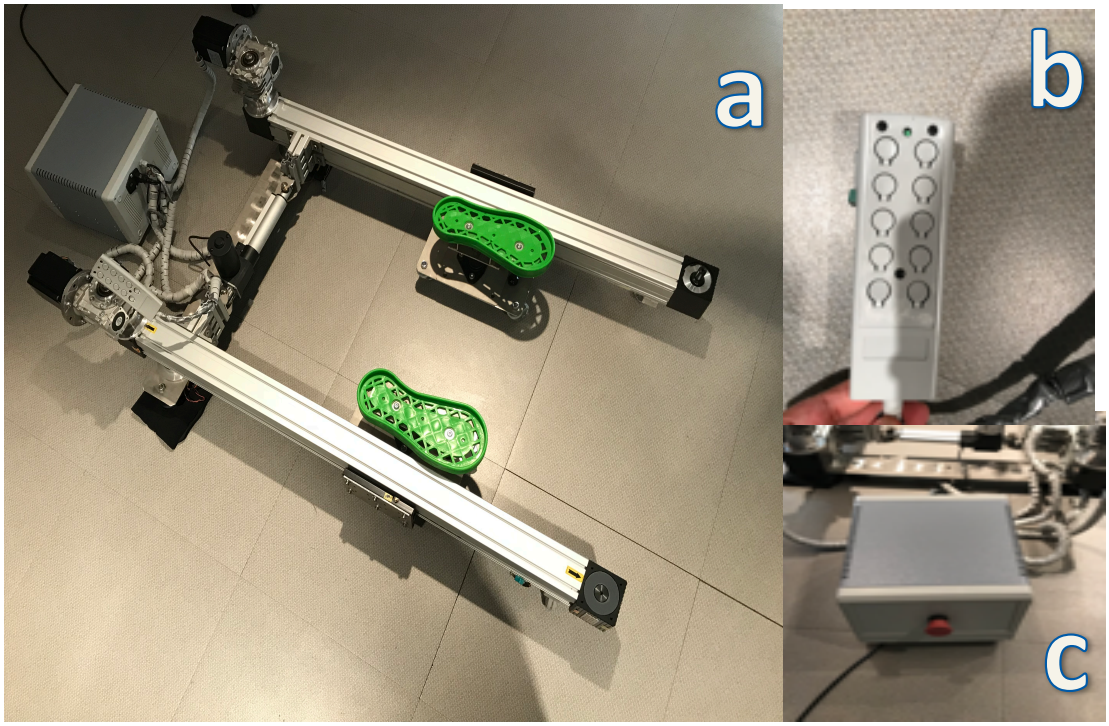
3. Adımda ise 2 gruba belirlenen 8 haftalık eğitim programı uygulanarak, eğitim öncesi, 4.hafta ve 8.haftada her iki grubun değerleri karşılaştırıldı.

3.2.1. DİBA'nın mekanizması

Dinamik denge ve fonksiyonel rehabilitasyonda ki eksiklikler göz önünde bulundurularak yeni bir sistem dizayn edildi. DİBA olarak isimlendirdiğimiz bu sistemde oluşturulan mekanizma hem ileri geri düzlemsel harekete hem de açısal olarak yanlara doğru açılmaya izin verecek şekilde step motorlu ve kontrol kumandalı şekilde üretildi. Cihaz için Türk Patent Enstitüsüne yapılan başvuru sonrası **2014/15101** sayılı "**Bir denge sistemi.**" başlıklı patent belgesi verildi (Ek 2). Ayakların üzerine konduğu iki ray sistemi birbirinden bağımsız iki kızak mekanizması ile hareket ettirmiştir. Bu kızak sistemleri 80X120X1000mm ebatlarında iki adet alüminyum doğrama kullanılarak oluşturuldu. Bu alüminyum doğramalar lineer harekete izin verecek şekilde temin edildi. Bu alüminyum lineer hareketli doğramaların en dış ucunun altına birer adet tekerlek yerleştirilerek açısal hareketleri kolaylaştırılması sağlandı. Bu sistemi hareket ettiren ana motor sistemi için iki adet 21nm step motor kullanıldı. Bu motor bir tam turunda 1.8 derecelik 200 adım atabilmektedir. Ayrıca açısal hareketi açığa çıkarmak için 7mm/s sabit hıza sabit Lineer Aktüator kullanıldı. Ayak basma pedalları için ayak şekline sahip destek yüzeyleri kullanılarak, serbest bilyalı sistem ile çoklu harekete izin verecek şekilde 4 tekerlekli tabla aracılığıyla kızak sistemlerine monte edildi. (Şekil 3.2a). Cihazın ileri geri hareketleri, 8 fonksiyonlu kablolu bir kumanda aracılığıyla kontrol edilmekle birlikte, her iki bacak tek başına ileri geri hareket edebilmektedir. Bu kumandanın komut mekanizması için dm2282 step sürücü kullanıldı (Şekil 3.2b). Bu iki alüminyum ray sistemi ve sabit olan başlangıç kısımları 80X150mm

boyutlarındaki çelik mil ve tabla aracılığıyla birbirine bağlandı. Ayrıca bu metal kısım ile her iki ayak koyulan raylar birbirine bağlandı. Cihazın sabit olan başlangıç kısmı motor mekanizması ile beraber kaydırmaz süngerlerle yere sabitlendi (Şekil 3.2c). Cihazın tüm hız ve hareket kontrolü tamamen fizyoterapistin elindeki kontrol panelli kumanda tarafından yapılmaktadır. Bu kumandaya entegre edilen silindir sayesinde sabit hızda harekete müsaade edecek şekilde ayrıca fizyoterapist kontrolünde denge sisteminin hızı değiştirilerek kullanılabilmektedir. Ayrıca kumanda üzerinde bulunan 8 buton ile DİBA, tek tek ileri geri, beraber ileri geri, ayrıca her bacak kısmı tek tek ve beraber olarak yanlara doğru açılmalarını sağlamaktadır. Bu kumandadaki bazı fonksiyonlar beraber kullanıma da izin vermektedir. Cihazın motor, sürücü ve yazılım disklerinin içinde bulunduğu metal kutu cihazın sabit duran her iki alüminyum doğramanın arasına entegre edildi (Şekil 3.2c). Fizyoterapist mümkün olduğu kadar bireyin kontrolünü sağlamak için yakın durmalıdır. Cihazın uygulandığı birey, fizyoterapist tarafından değiştirilebilen pozisyonlara ve hareketlere uyum sağlamaya çalışarak dengesini ve kontrolünü sağlamaya çalışmaktadır.

DİBA'nın mekanizması ve ekipmanları Şekil 3.2. de gösterildi.



Şekil 3.2a : DİBA üstten görünümü **Şekil 3.2b :** DİBA'nın kumanda sistemi
Şekil 3.2c : DİBA'nın motor mekanizması

3.2.2. Demografik Bilgiler:

Tüm bireylerin ayrıntılı hikayeleri alınarak, yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, meslek, özgeçmiş, soygeçmiş, sigara kullanımı, ağrı geçmişi gibi özellikleri kaydedildi.

3.2.3. Değerlendirme Yöntemleri

Her iki grup denge ve fonksiyonel kuvvetlendirme eğitimine başlamadan önce, 4. haftada ve 8. haftada değerlendirildi. Bütün bireylere Y denge testi (YDT), Flamingo Denge Testi (FDT), Tek bacak sıçrama testi (TBS), Fonksiyonel uzanma testi (FUT) kullanılarak değerlendirildi.

a. Dinamik Dengenin değerlendirmesi: Bireylerin dinamik denge değişimi YDT ile değerlendirildi (intrarater ICC: 0,85-0,91; interrater ICC: 0,99-1,00) (17). Test Plisky makalesindeki parametrelere uygun olarak ölçüldü (17). Testin içeriği ve nasıl uygulanacağı öncelikle bireylere açıklandı ve öğretildi. YDT ile dinamik dengenin ölçümünde tüm bireylerin dominant olan sağ taraflarındaki uzanma miktarları ölçüldü. Test düzeneğinde 3 adet mezura 120 derecelik açı yapacak şekilde plastik çubukların üzerine yapıştırıldı. Bireyden bu 3 mezuranın kesiştiği noktada tek ayak üzerinde durması istendi. Diğer ayağı ile bu 3 yön olan anterior (Şekil 3.3a), posteromedial (Şekil 3.3b) ve posterolateral (Şekil 3.3c), yönlere doğru parmak ucunu uzatması istendi. Bu sırada, ellerini beline koyarak bireyin dengesini kaybetmemesine, üzerinde durduğu ayağın topuğunun yerden kalkmamasına ve uzattığı ayağın parmak uçlarını hafifçe mezura üzerine dokundurmasına dikkat edildi. Her test sonunda bireyin dengesini kaybetmeden ve ayağını yere değdirmeden sabit duran ayağının yanına getirmesi istendi. Her uzanma sonrası 30 sn mola verildi. Test uygulanırken her yöne 3 kez tekrar edilip ortalaması alınarak ve cm cinsinden kaydedildi . Bireyin platform üzerinde tek ayak dengesini sürdürememesi veya ileri uzanan ayağı gösterici tablayı tekmeler şekilde itmesi veya başlangıç pozisyonuna dönememesi durumunda ölçümler tekrarlandı.

YDT'nin farklı yönlere uygulanışı Şekil 3.3' te gösterildi.



Şekil 3.3.a: YDT'nin anterior uzanımı **Şekil 3.3.b:** YDT'nin posteriomedial uzanımı **Şekil 3.3.c:** YDT'nin posteriolateral uzanımı

b. Statik dengenin değerlendirilmesi: Bireylerin statik dengeleri FDT ile değerlendirildi (ICC: 0.61) (18). Bu test uygulanırken sadece bireyin dominant bacağı üzerinde statik dengesi ölçüldü. Öncelikle testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireylere açıklandı. FDT ekipmanı literatürde kullanılan ekipman dizaynına göre oluşturuldu (19). Testte 50cm uzunluğunda ve 5 cm yüksekliğinde ve 3 cm genişliğindeki tahta çubuk kullanıldı. Kullanılan bu denge çubuğunun üstü kaymaz materyalle kaplanarak altında iki adet destek çubuğuyla sabitlendi. Her iki destek çubuğu, denge çubuğunu 90° yapacak şekilde her iki ucundan sabitlendi (Şekil 3.4). Değerlendirme sırasında bireyler öncelikle fizyoterapistten destek alarak dengesini sağlamaya çalıştı. Dominant bacağı üzerinde değerlendirme yapıldı. Bireyden mekanizma üzerinde dengede durması istendi. 1 dakika içinde kaç defa düştüğü hesaplandı. Her düşme esnasında kronometre durdurularak tekrardan bireyin pozisyon alması beklendi. Her birey için 1 dakika içinde kaç defa düştüğü kaydedildi.

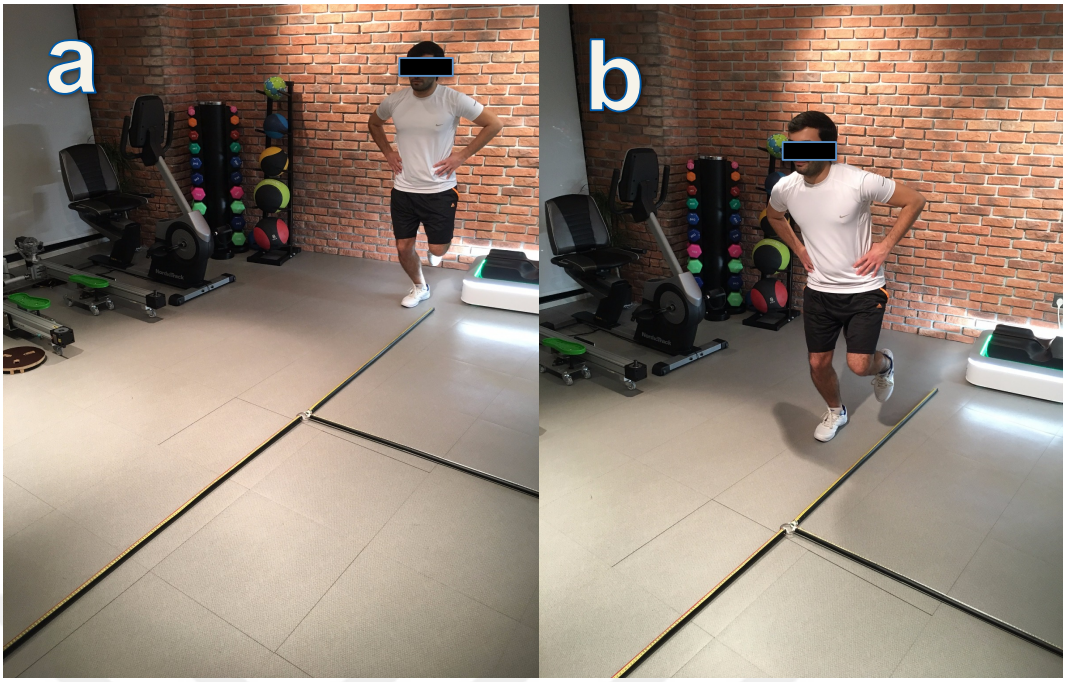
FDT'nin ekipmanı ve uygulanışı Şekil 3.4' te gösterildi.



Şekil 3.4. FDT'nin uygulanışı

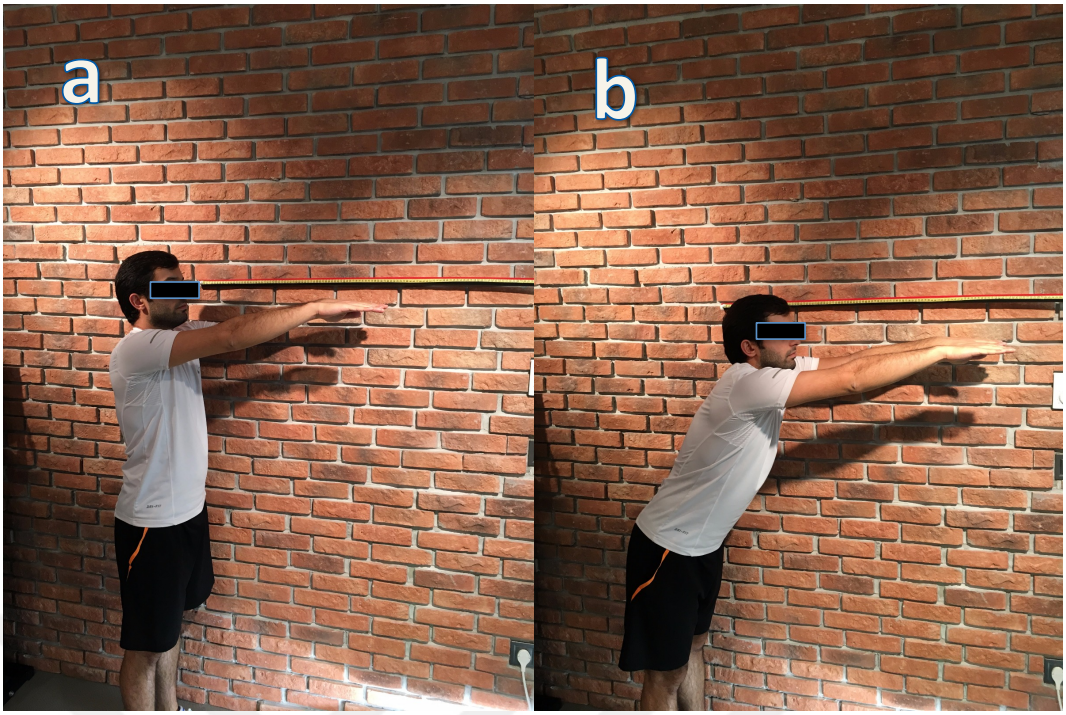
c. Alt ekstremite fonksiyonel performansı değerlendirmesi: Bireylerin alt ekstremite fonksiyonel performansının değerlendirilmesi için TBS testi kullanıldı (56,59). TBS testi geçerlilik ve güvenilirliği kanıtlanmış bir fonksiyonel performans testidir (ICC: 0,91) (59,68). Test için 2 adet mezura 180 derecelik açı yapacak şekilde plastik çubukların üzerine yapıştırıldı. Mezuranın başlangıç noktasına ayak başparmak ucu gelecek şekilde dominant ayak üzerinde durması istendi. Öncelikle testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireylere açıklandı. Birey dominant olan sağ bacağı üzerinde dururken, diğer bacağı dizden bükerek öne doğru sıçraması istendi ve bireyin düştüğü nokta (topuk izdüşümü) işaretlendi. Sıçrama esnasında ellerin belde olmasına dikkat edildi. Yere düşerken dengesini kaybetmesi, diğer ayağından destek alması durumunda test geçersiz sayıldı ve tekrarlandı. Sıçrama testi sadece dominant taraf için ve 3 kez tekrarlandı. Sıçrama mesafesi mezura ile santimetre cinsinden ölçülerek ortalama değer alındı.

TBS testinin uygulanışı ve sıçrama sonrası Şekil.3.5.'te gösterildi



Şekil 3.5.a. TBS testinin başlangıcı **Şekil 3.5.b.** TBS testinin sonrası

d. Fonksiyonel uzanma performansının değerlendirilmesi : Bireyin fonksiyonel olarak hem dengesini ölçmek için hem de dinamik uzanma miktarını öğrenmek için FUT uygulandı (ICC: 0,87) (16,69). Öncelikle testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireye açıklandı. Bireyden ayakta ve her iki bacağına eşit ağırlık vererek durması istendi. Mezura yere paralel şekilde duvara sabitlendi. İlk olarak bireyden her iki kolunu birbirine paralel ve dirsekler düz şekilde kolunu düz olarak öne uzatması istendi ve mezuraya denk gelen değer fizyoterapist tarafından kaydedildi (Şekil 3.5). Daha sonra bireyden öne doğru ve her iki tabanı yerden kalkmadan uzanabildiği kadar uzanması istendi. Bireyin tabanlarının yerden kalkmadan, dengesini kaybetmeden gidebildiği maksimum uzanma sonrası eski pozisyonuna gelebildiği değer kaydedildi. Başlangıç pozisyonu ile uzandığı mesafe arasındaki fark belirlendi. Bu uygulama 3 kez tekrarlanarak, bu üç değerin ortalaması alındı.



Şekil 3.5.a. FUT testinin başlangıcı

Şekil 3.5.b. Uzanma sonrası

3.3. Denge ve fonksiyonel eğitim programı

Tüm bireyler aynı merkezde çalışmaya alındı ve dahil edilme kriterlerini yerine getiren bireyler; Grup 1 (DİBA ile fonksiyonel egzersiz programı uygulunan), Grup 2 (standart denge programı ile fonksiyonel egzersiz programı uygulanan) olmak üzere rastgele iki gruba ayrıldı. 8 hafta süre ile 3 gün/hafta 45-60 dk/seans olmak üzere eğitim verildi. Her iki gruptaki bireylere aynı fizyoterapist tarafından egzersizler gösterilip, uygulamalar yapıldı. DİBA ile çalışmaya alınan grubun egzersiz protokolü ile standart denge programı ile uygulanan grubun egzersizleri zorluk bakımından paralellik göstermektedir. Her iki gruba uygulanan egzersiz protokolleri 0-2 hafta arasında başlangıç seviyesinde ve kolay egzersizlerden oluşturuldu. 2-4 hafta arasında orta seviye ve fonksiyonel hareketlerle kombine edilerek uygulandı. 4-8 hafta arasında zor seviyede ve birçok egzersizin kombinasyonu şeklinde uygulandı.

Bireylere uygulanan egzersizlerin süre ve tekrar sayıları Tablo 3.1.'de gösterildi.

3.3.1. Çalışma grubu uygulama protokolü:

DİBA ile uygulanan program yaklaşık olarak 45-60 dk olarak uygulandı.

0-2 Hafta egzersiz programı

***Egzersiz 1:** Cihaz ileri, geri hareket ettirilirken, ve cihazın ileri geri hareket hızı arttırılıp, azaltılırken, birey DİBA üzerinde 60 sn boyunca dengesini sağlamaya çalışır (Şekil 3.6).

* **Egzersiz 2:** Cihaz açısal olarak yanlara hareket ettirilirken, ve cihazın hareket hızı arttırılıp, azaltılırken, birey DİBA üzerinde 60 sn boyunca dengesini sağlamaya çalışır (Şekil 3.7).

Egzersiz 3: Cihaz ileri, geri hareket ettirilirken Squat pozisyonunda sabit durma egzersizi (Şekil 3.8)

Egzersiz 4: Cihaz ileri, geri hareket ettirilirken Lunge pozisyonunda sabit durma egzersizi (Şekil 3.9)

Egzersiz 5: Cihaz ileri, geri hareket ettirilirken Squat pozisyonunda çömelip kalkma eğitimi Şekil 3.8 ile aynı pozisyonda hareket ile kombine uygulandı.

Egzersiz 6 Cihaz ileri, geri hareket ettirilirken Lunge pozisyonunda çömelip kalkma eğitimi Şekil 3.9 ile aynı pozisyonda hareket ile kombine uygulandı.

2-4 Hafta egzersiz programı

Egzersiz 7: Lunge pozisyonunda DİBA üzerinde 30 sn birey sabit dururken, fizyoterapist tarafından atılan topu yakalama eğitimi (Şekil 3.10).

Egzersiz 8: Squat pozisyonunda DİBA üzerinde 30 sn birey sabit dururken, fizyoterapist tarafından atılan topu yakalama eğitimi (Şekil 3.11).



Şekil 3.6. DİBA ile ileri geri hareket



Şekil 3.7. DİBA ile açısal hareket



Şekil 3.8. Squat duruşu



Şekil 3.9. Lunge duruşu

Egzersiz 9: Her iki ayak basma pedalları kumanda ile açısal olarak yana doğru açılıp kapatılırken, birey tarafından denge durma eğitimi (Şekil 3.12).

Egzersiz 10: Her iki ayak basma pedalları kumanda ile açısal olarak yana doğru açılıp kapatılırken, birey tarafından 10 tekrar 3 set çömelip kalkma egzersizi (Şekil 3.13).

Egzersiz 11: Squat pozisyonunda gözler kapalı 30 sn sabit durma. Şekil 3.8'de belirtilen pozisyonda birey gözü kapalı dengede durmaya çalışır.

Egzersiz 12: Lunge pozisyonunda gözler kapalı 30 sn sabit durma egzersizi Şekil 3.9'da belirtilen pozisyonda birey gözü kapalı dengede durmaya çalışır.



Şekil 3.10. Squat duruşunda top atma



Şekil 3.11. Lunge duruşunda top atma



Şekil 3.12. Açısal hareket çalışması



Şekil 3.13. Squat duruşunda açısal çalışma

4-8 Hafta egzersiz programı

Egzersiz 13: Her iki ayak basma pedalları kumanda ile açısal olarak yana doğru açılıp kapatılırken, her yöne 8 tekrar 3 set olmak üzere birey üst gövde sağa ve sola rotasyon egzersizi uygulandı (Şekil 3.14.).

Egzersiz 14: Her iki ayak basma pedalları kumanda ile açısal olarak yana doğru açık ve 30 derece açıda sabitken, ileri ve geri hareket ederek lunge eğitimi 15 tekrar 3 set olarak uygulandı (Şekil 3.15.).

Egzersiz 15: Cihaz ileri, geri ve açısal olarak yanlara doğru hareket ettirilirken, birey 30 sn'lik duruşlar halinde tek bacak dengede durma eğitimi (Şekil 3.16.).

Egzersiz 16: Cihaz ileri, geri ve açısal olarak yanlara doğru hareket ettirilirken, birey 30 sn'lik duruşlar halinde tek bacak dengede dururken top yakalama (Şekil 3.17.).

Egzersiz 17: Cihaz ileri, geri ve açısal olarak hareket ettirilirken, birey 30 sn'lik duruşlar halinde gözü kapalı iken tek bacak dengede durma eğitimi (Şekil 3.16.).

Egzersiz 18: Her iki ayak basma pedalları kumanda ile açısal olarak yana doğru açılıp kapatılırken, birey gözü kapalı olarak denge durma eğitimi (Şekil 3.16.).



Şekil 3.14. Gövde rotasyonu



Şekil 3.15. Dinamik Lunge eğitimi



Şekil 3.16. Tek bacak denge eğitimi



Şekil 3.17. Tek bacak top tutma

3.3.2. Kontrol grubu uygulama protokolü:

Kontrol grubu için bireylere literatürde denge eğitimi için yaygın şekilde kullanılan Denge tahtası, *BOSU*, *wobble board* ve yumuşak yüzeyler kullanıldı. Bütün uygulama programı yaklaşık olarak 45-60 dk uygulandı.

0-2 Hafta egzersiz programı

Egzersiz 1: Wobble board üzerinde 60 sn denge çalışması (Şekil 3.18.).

Egzersiz 2: Birey bir bacak *BOSU* üzerinde diğer bacak yumuşak yüzey üzerinde 60 sn boyunca dengesini sağlamaya çalışma (Şekil 3.19.).

Egzersiz 3: Squat pozisyonunda yumuşak zemin üzerinde 30 sn sabit durma egzersizi (Şekil 3.20.).

Egzersiz 4: Lunge pozisyonunda yumuşak zemin üzerinde 30 sn sabit durma egzersizi (Şekil 3.21.).

Egzersiz 5: Squat pozisyonunda *wobble board* ile çömelip kalkma (Şekil 3.22.).

Egzersiz 6: Bireyin bir ayağı yumuşak zemin üzerinde, diğer ayağı *BOSU* üzerinde iken lunge pozisyonunda, birey tarafından denge durma eğitimi (Şekil 3.23.).



Şekil 3.18. Wobble board denge eğitimi



Şekil 3.19. BOSU, Wobble board denge



Şekil 3.20. Squat denge eğitimi



Şekil 3.21. Lunge denge eğitimi



Şekil 3.22. Wobble board Squat eğitimi



Şekil 3.23. BOSU Lunge denge eğitimi

2-4 Hafta egzersiz programı

Egzersiz 7: Bireyin bir ayağı *wobble board* üzerinde, diğer ayağı *BOSU* üzerinde iken lunge pozisyonunda çömelip kalkma eğitimi 12 tekrar 3 set halinde (Şekil 3.24.).

Egzersiz 8: Squat pozisyonunda 30 sn birey sabit dururken, fizyoterapist tarafından atılan topu yakalama eğitimi (Şekil 3.25.).

Egzersiz 9: Squat pozisyonunda Wobble board üzerinde 15 tekrarlı 3 set halinde çömelip kalkma eğitimi (Şekil 3.22).

Egzersiz 10: Her iki ayak, iki ayrı yumuşak zemin üzerinde iken birey tarafından 10 tekrar 3 set çömelip kalkma egzersizi (Şekil 3.26.).,

Egzersiz 11: Wobble board üzerinde Squat pozisyonunda gözler kapalı 30 sn sabit pozisyonda perturbasyon eğitimi (Şekil 3.22).

Egzersiz 12: Yumuşak zeminler üzerinde Lunge pozisyonunda gözler kapalı 30 sn sabit pozisyonda perturbasyon eğitimi (Şekil 3.27.).



Şekil 3.24. Dinamik Lunge denge eğitimi



Şekil 3.25. BOSU üstünde top yakalama



Şekil 3.26. Yumuşak zemin Squat



Şekil 3.27. Yumuşak zemin Lunge

4-8 Hafta egzersiz programı

Egzersiz 13: Bireyin bir ayağı *BOSU* üzerinde, diğer ayağı yumuşak zemin üzerinde iken her yöne 8 tekrar 3 set olmak üzere birey üst gövde sağa ve sola rotasyon egzersizi uygulandı (Şekil 3.28.).

Egzersiz 14: Bireyin bir ayağı *BOSU* üzerinde, diğer ayağı yumuşak zemin üzerinde iken, lunge eğitimi 10 tekrar 3 set olarak uygulandı (Şekil 3.29.).

Egzersiz 15: *BOSU* üzerinde, birey 30 sn'lik duruşlar halinde tek bacak dengede durma eğitimi (Şekil 3.30.).

Egzersiz 16: *BOSU* üzerinde, birey 30 sn'lik duruşlar halinde tek bacak dengede dururken top yakalama (Şekil 3.31.).

Egzersiz 17: Çift bacak üzerinde *BOSU* üzerinde, birey 30 sn'lik duruşlar halinde gözü kapalı olarak denge durma eğitimi (Şekil 3.30.).

Egzersiz 18: Tek ayak ile *BOSU* üzerinde, birey 30 sn'lik duruşlar halinde gözü kapalı iken tek bacak dengede durma eğitimi (Şekil 3.30.).



Şekil 3.28. Lunge ile rotasyon



Şekil 3.29. BOSU ile Dinamik Lunge



Şekil 3.30. BOSU ile tek bacak durma



Şekil 3.31. BOSU tek bacak top yakalama

Tablo 3.1. Bireylere uygulanan egzersiz süreleri

Uygulama haftası	**Egzersiz türü**	**Çalışma Grubu** Süre-tekrar-set	**Kontrol Grubu** Süre-tekrar-set
0-2 hafta	Egzersiz 1	60 sn X 8 tekrar	60 sn X 8 tekrar
	Egzersiz 2	60 sn X 8 tekrar	60 sn X 8 tekrar
	Egzersiz 3	30 sn X 10 tekrar	30 sn X 10 tekrar
	Egzersiz 4	30 sn X 10 tekrar	30 sn X 10 tekrar
	Egzersiz 5	10 tekrar X 3 set	10 tekrar X 3 set
	Egzersiz 6	10 tekrar X 3 set	10 tekrar X 3 set
2-4 hafta	Egzersiz 7	15 tekrar X 3 set	15 tekrar X 3 set
	Egzersiz 8	30 sn X 10 tekrar	30 sn X 10 tekrar
	Egzersiz 9	12 tekrar X 3 set	12 tekrar X 3 set
	Egzersiz 10	12 tekrar X 3 set	12 tekrar X 3 set
	Egzersiz 11	30 sn X 10 tekrar	30 sn X 10 tekrar
	Egzersiz 12	30 sn X 10 tekrar	30 sn X 10 tekrar
4-8 hafta	Egzersiz 13	Her yöne 8 tekrar X 3 set	Her yöne 8 tekrar X 3 set
	Egzersiz 14	15 tekrar X 3 set	15 tekrar X 3 set
	Egzersiz 15	30 sn X 12 tekrar	30 sn X 12 tekrar
	Egzersiz 16	30 sn X 12 tekrar	30 sn X 12 tekrar
	Egzersiz 17	20 sn X 8 tekrar	20 sn X 8 tekrar
	Egzersiz 18	20 sn X 8 tekrar	20 sn X 8 tekrar

3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmada istatistiksel analizler için "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS) Versiyon for IBM, 22.0 (SPSS inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanılarak yapıldı.

Normal dağılıma uyan değişkenler ortalama ± standart sapma (ort±SS) şeklinde ifade edildi. DİBA ile çalışmaya dahil edilen grup (Grup 1) ile standart denge programı ile çalışmaya dahil edilen (Grup 2) gruplardaki sayısal dağılımı normal olmayan değişkenlerde bağımsız gruplar arasındaki değerlerine non-parametrik test olarak Mann Whitney U testi uygulandı. Non-parametrik bağımsız gruplara sahip olan YDT, FDT, FUT ve S testleri için Mann Whitney U testi kullanıldı. Ayrıca her iki grup için, kendi içinde haftalar arasındaki değişim non-parametrik bağımlı gruba sahip olan YDT, FDT, FUT ve S testleri için Wilcoxon testi kullanıldı. Tüm çalışmada $p<0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Çalışma içerisindeki bireylerin sayısı YDT testinin anterior parametresi baz alınarak; %5 tip 1 hata ile %80 istatistiksel çalışmanın gücü için bu çalışmaya grup başına en az 18 bireyin dahil edilmesi gereken örneklem büyüklüğü hesaplandı.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Bulgular

Çalışmaya, yaşları 18-32 yıl arasında olan 36 gönüllü erkek birey dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen bireylerin fiziksel özellikleri Tablo 4.1.'de verildi.

İki grup arasında yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi bakımından, uygulamalar öncesinde yapılan değerlendirmelere göre istatistiksel olarak bir fark bulunmadı (p>0,05).

Tablo 4.1.Bireylerin demografik bilgileri

	Çalışma Grubu (n: 18) X±SS (Min-Maks)	**Kontrol Grubu (n: 18) X±SS (Min-Maks)**	**p değeri**
Yaş (yıl)	24,4±3,3 (18-32)	23,7±2,8 (20-29)	0,525
Boy Uzunluğu (cm)	178,2±5,0 (168-188)	176,1±5,7 (169-176)	0,253
Vücut ağırlığı (kg)	73,2±6,9 (62-85)	70,8±6,7 (58-82)	0,314
Vücut kütle indeksi (kg/m^2)	22,7±1,9 (19-25)	22,4±2,6 (17-26)	0,720

4.2. Klinik Bulgular

4.2.1. Dinamik Denge değerlendirmesi: Çalışma grubunda, kontrol grubuna göre eğitim öncesi ve 4. hafta anterior denge parametresi bakımından istatistiksel olarak bir fark bulunmadı (p>0,05).

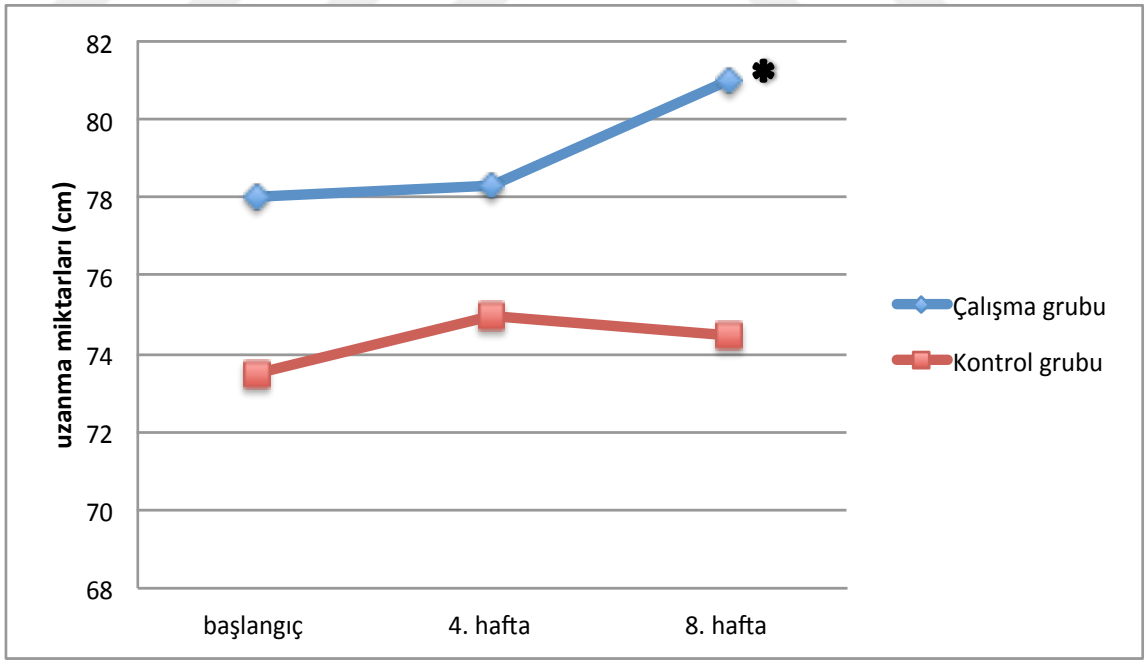
Sekizinci haftada anterior denge parametresi bakımından çalışma grubunda, kontrol grubuna göre daha fazla gelişme görüldü (p=0,001). Gruplardaki dinamik

dengenin anterior parametresinin haftalara göre değişimi Şekil 4.1.'de gösterildi.

Çalışma grubu ile kontrol grubu arasında posteriomedial ve posteriolateral denge parametrelerinde eğitim öncesi, 4. hafta ve 8.hafta sonuçlarında istatistiksel olarak bir fark bulunmadı (p>0,05). Ayrıca her iki grupta posteriomedial ve posteriolateral yönde, 4. hafta ve 8.hafta bulgularında, eğitim öncesi yapılan değerlendirmelere göre olumlu artış görülmesine rağmen bu değerler istatistiksel olarak anlamlı bulunmadı (p>0,05) (Tablo 4.2.).

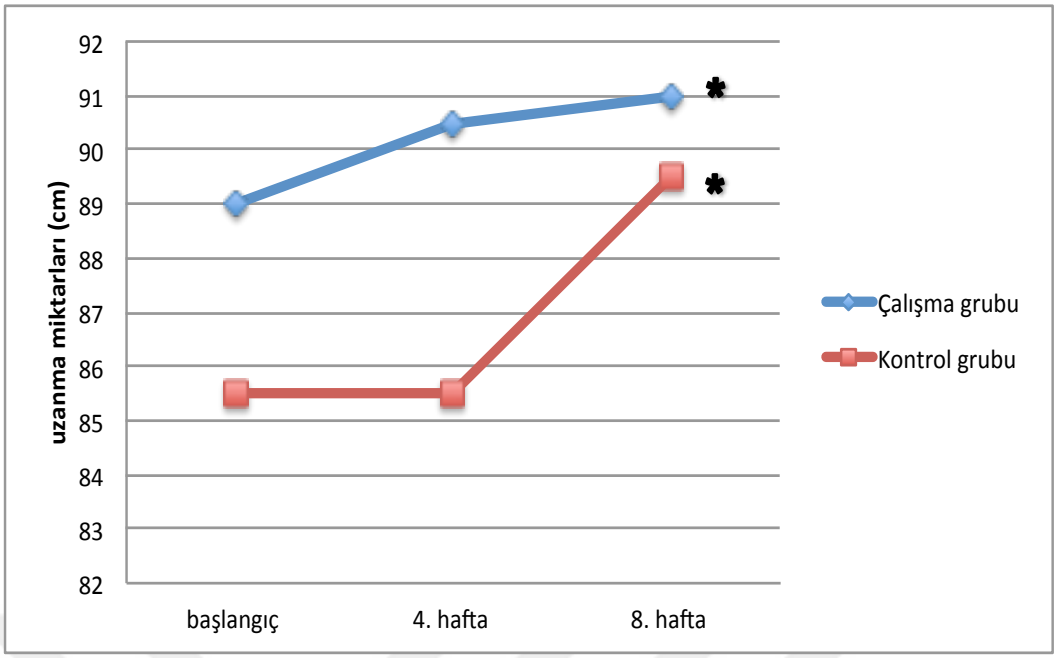
Çalışma grubunda 8. haftada anterior (p=0,01) ve posteriomedial (p=0,014) yönlerde eğitim öncesi değerlere göre istatistiksel olarak gelişme olduğu gösterildi. Kontrol grubunda ise 8. haftada posteriomedial (p=0,008) ve posteriolateral (p=0,001) yönlerde eğitim öncesi değerlere göre istatistiksel olarak gelişme olduğu gösterildi.

Her iki gruptaki dinamik dengenin posteriomedial parametresinin haftalara göre değişim grafiği Şekil 4.2.'de ve posteriolateral değişim Şekil 4.3.'te gösterildi.



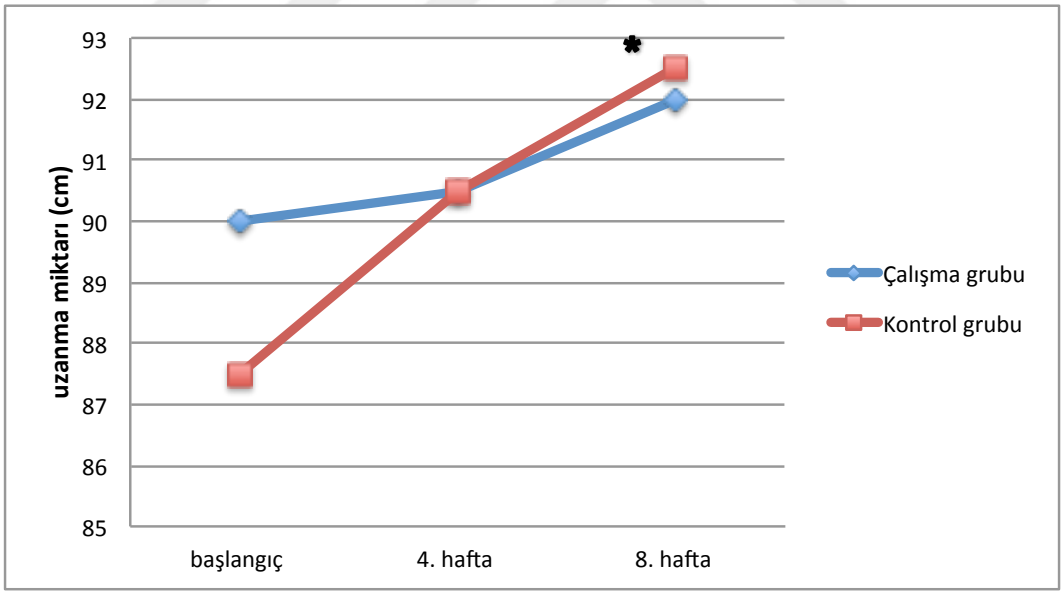
*Grup içi değişim, p<0,05

Şekil 4.1. YDT anterior başlangıç değerlerine göre değişimleri



*Grup içi değişim, p<0,05

Şekil 4.2. YDT posteriomedial başlangıç değerlerine göre değişimleri



*Grup içi değişim, p<0,05

Şekil 4.3. YDT posteriolateral başlangıç değerlerine göre değişimleri

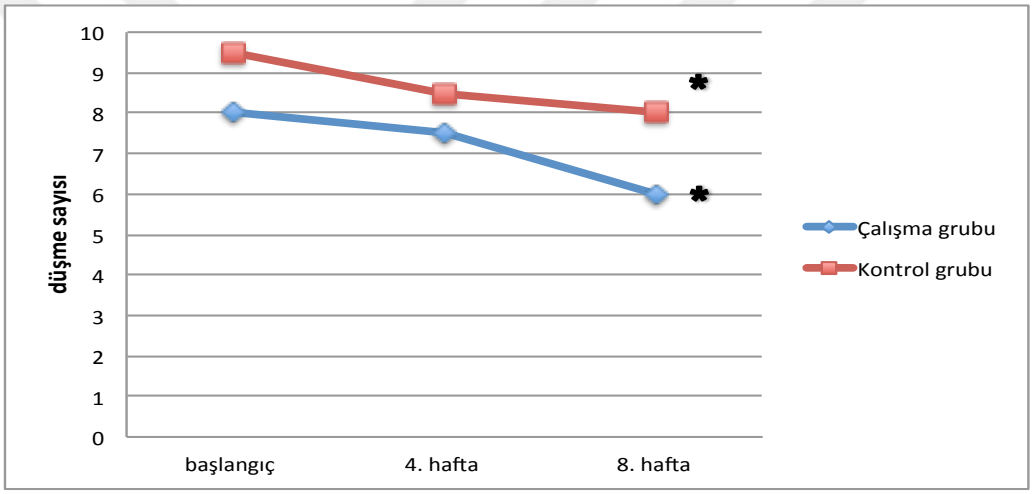
Tablo 4.2. YDT'ye göre uzanma miktarların gruplara göre karşılaştırılması

	Çalışma Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)	**Kontrol Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)**	**p değeri**
YDT Anterior başlangıç (cm)	77,0±5,8 (66-87)	74,1±5,5 (64-86)	0,134
YDT Anterior 4. hafta (cm)	77,3±6,2 (67-90)	75,2±5,4 (66-86)	0,293
YDT Anterior 8. hafta (cm)	81,0±6,0 (66-90)	74,7±4,8 (68-86)	**0,001**
YDT posteriomedial Başlangıç (cm)	88,6±9,5 (65-109)	85,9±4,4 (78-93)	0,171
YDT posteriomedial 4. hafta (cm)	88,2±7,6 (68-100)	87,1±5,0 (77-97)	0,406
YDT posteriomedial 8. hafta (cm)	90,8±9,8 (70-115)	87,8±5,3 (80-95)	0,293
YDT posteriolateral Başlangıç (cm)	91,1±8,3 (74-108)	88,1±4,4 (88-92)	0,226
YDT posteriolateral 4. hafta (cm)	90,1±8,1 (74-107)	90,0±4,5 (81-96)	0,988
YDT posteriolateral 8. hafta (cm)	91,5±7,7 (76-110)	91,6±4,9 (80-98)	0,563

4.2.2. Statik Denge değerlendirmesi

FDT ile uygulanan statik dengenin ölçümünde çalışma grubu ile kontrol grubu arasında eğitim öncesi ve 4. haftada yapılan testlerin sonuçlarında istatistiksel olarak bir fark bulunmadı (p>0,05). Sekizinci haftada çalışma grubunda kontrol grubuna göre daha fazla gelişme olduğu görüldü (p=0,024) (Tablo 4.3.).

Statik denge değişiminde, eğitim öncesi yapılan teste göre, 8.haftada çalışma grubu (p=0,011) ve kontrol grubu (p=0,05) kendi içinde istatistiksel olarak anlamlı gelişme gösterdi. Her iki gruptaki statik dengenin haftalara göre değişim grafiği Şekil 4.4.'de gösterildi



*Grup içi değişim, p<0,05

Şekil 4.4. FDT başlangıç değerlerine göre değişimleri

Tablo 4.3. FDT'ye göre düşme sayıların gruplara göre karşılaştırılması

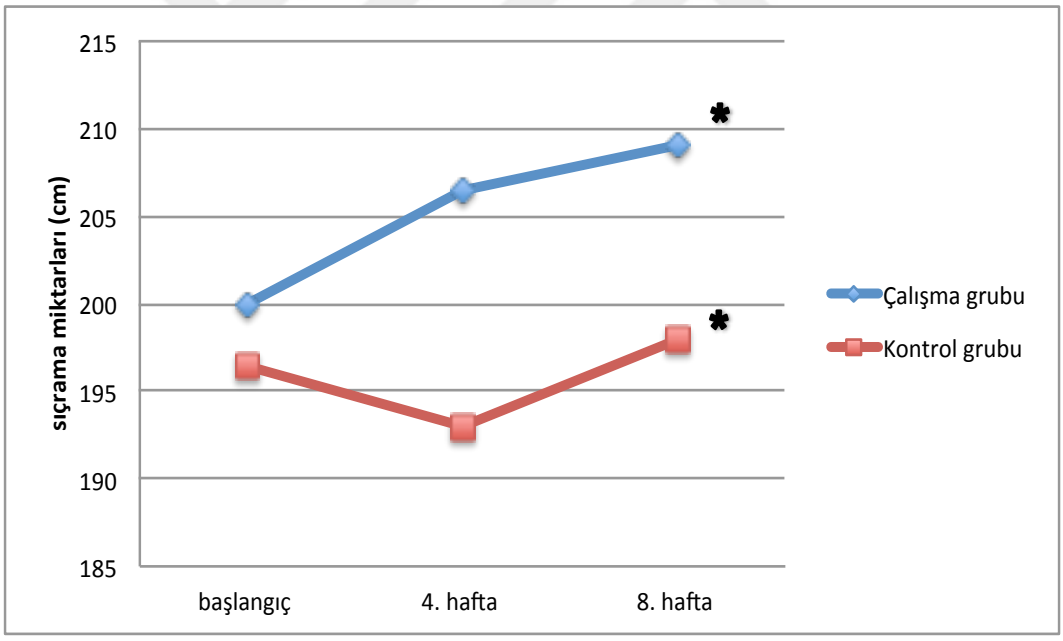
	Çalışma Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)	**Kontrol Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)**	**p değeri**
FDT başlangıç (cm)	8,2±2,4 (5-14)	9,8±3,3 (3-16)	0,104
FDT 4. hafta (cm)	7,4±2,8 (2-14)	9,2±3,5 (3-16)	0,143
FDT 8. hafta (cm)	6,0±2,3 (2-10)	8,0±2,6 (3-13)	**0,024**

4.2.3. Alt ekstremite fonksiyonel performans değerlendirmesi

TBS testi ile uygulanan fonksiyonel performans ölçümünde çalışma grubu ile kontrol grubunun karşılaştırılmasında eğitim öncesinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (p>0,05).

Çalışma grubunun TBS testinde 4. hafta ve 8. haftada kontrol grubuna göre daha iyi olduğu belirlendi (sırasıyla, p=0,012, p=0,016) (Tablo 4.4.). Her iki gruptaki alt ekstremite fonksiyonel performansının haftalara göre değişim grafiği Şekil 4.5.'de gösterildi.

TBS testine göre, eğitim öncesi yapılan teste göre, 8.haftada çalışma grubu (p=0,005) ve kontrol grubu (p=0,043) kendi içinde istatistiksel olarak anlamlı gelişme gösterdi.



*Grup içi değişim, p<0,05

Şekil 4.5. TBS başlangıç değerlerine göre değişimleri

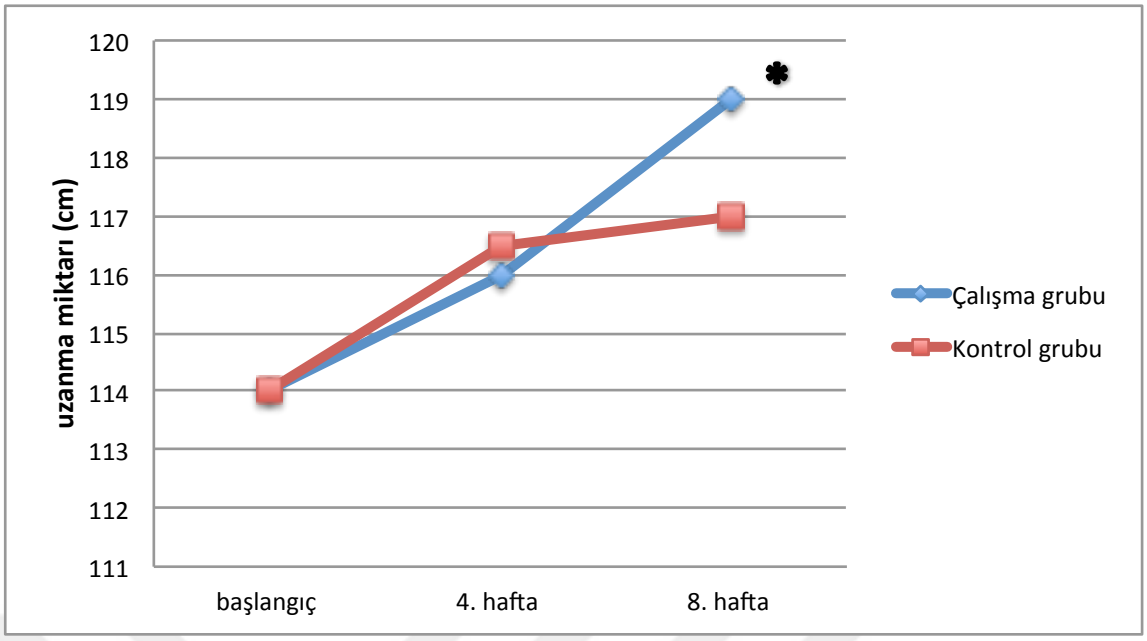
Tablo 4.4. TBS'ye göre sıçrama miktarların gruplara göre karşılaştırılması

	Çalışma Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)	**Kontrol Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)**	**p değeri**
TBS başlangıç (cm)	202,8±12,0 (178-220)	195,1±13,8 (160-215)	0,126
TBS 4. hafta (cm)	206,1±10,9 (180-221)	194,3±15,0 (153-217)	**0,012**
TBS 8. hafta (cm)	209,7±10,3 (183-225)	198,5±14,7 (165-222)	**0,016**

4.2.4. Fonksiyonel uzanma değerlendirmesi

FUT ile uygulanan fonksiyonel performans ölçümünde çalışma grubu ile kontrol grubu karşılaştırılmasında eğitim öncesi, 4. hafta ve 8.haftada istatistiksel olarak fark bir bulunmadı ($p>0,05$) (Tablo 4.5.).

FUT'a göre, eğitim öncesi yapılan teste göre, 8.haftada çalışma grubunda istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme görülürken ($p=0,007$), kontrol grubunda kendi içinde istatistiksel olarak anlamlı gelişme göstermedi ($p>0,05$). Fonksiyonel öne uzanma testinin haftalara göre değişim grafiği Şekil 4.6.'da gösterildi.



*Grup içi değişim, p<0,05

Şekil 4.6. FUT başlangıç değerlerine göre değişimleri

Tablo 4.5. Bireylerin öne uzanma miktarların gruplara göre karşılaştırılması

	Çalışma Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)	**Kontrol Grubu (n: 18) X±SS (Min-Max)**	**p değeri**
FUT başlangıç (cm)	115,0±8,5 (103-135)	112,4±6,7 (104-125)	0,462
FUT 4. hafta (cm)	116,5±6,6 (106-135)	114,0±6,7 (103-121)	0,563
FUT 8. hafta (cm)	120,3±8,7 (108-140)	114,6±6,2 (100-124)	0,085

5. TARTIŞMA

Bu çalışma, sağlıklı elit sporcularda, DİBA ile uygulanan 8 haftalık denge ve fonksiyonel eğitim programının, standart denge sistemleri ile uygulanan programa göre, denge ve fonksiyonellik üzerine etkilerini karşılaştırmak amacıyla yapıldı. Sekiz hafta sonunda dinamik, statik denge ve alt ekstremite fonksiyonel performansında her iki grupta gelişme görülürken, FUT'de sadece DİBA uygulanan grupta gelişme olduğu görüldü. DİBA ile verilen eğitim ile dinamik dengenin anterior parametresinde, statik denge ve alt ekstremite fonksiyonel parametresinde 8. haftada daha fazla gelişme olduğu görüldü.

Son dönemlerde Nintendo Wii, düşmeyi ve yaralanmayı önlemek için özellikle denge rehabilitasyonunda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu mekanizmalar sanal gerçeklilik temeline dayanmaktadır. Bu sayede bireyin motivasyonunu arttırıp, rehabilitasyona ve eğitime katılımı artırmaktadır. Aynı zamanda bireylerin dengesinde de artış sağlamaktadır (8,12,32,65,70). Son dönemlerde bu tarz inovatif gelişimler, yeni denge ve fonksiyonel eğitim ekipmanları üretilmesi ve literatüre kazandırılmaya çalışılması bakımından önem göstermektedir. Çünkü birçok hareketin ve egzersizin temelini oluşturan parametrelerden biri olan dengenin geliştirilmesinde, literatürde kullanılan ekipmanların yeterli olmadığı düşünülmektedir. Bu nedenle yeni fonksiyonel parametreleri içeren ve vücudun farklı günlük hareketlerine de izin veren ekipmanlara ihtiyaç duyulduğunu düşünmekteyiz. Bu bakımdan DİBA, literatürde kullanılan denge ekipmanları ile uygulanan egzersizler sırasındaki hareket çeşitliliğini arttırması ve egzersiz perspektifini genişletmesi yönünden önem arz etmektedir.

Proje kapsamında oluşturulan DİBA dinamik hareketli ve fonksiyonel olarak dizayn edildi. Bu sayede, hastanın birçok kas grubunu beraber kullanmasını sağlamak hedeflendi. Ayrıca kumanda ile fizyoterapist tarafından farklı yönlere hareket ettirilebilme özelliği bireyin dinamik olarak adaptasyonunu gerektirmektedir. DİBA'nın dinamik denge kavramına yeni, daha geniş ve etkili bir bakış açısı kazandıracağı düşünülmektedir. Bu projede hem sistemin hem de yerle temas yüzeyinin hareketli oluşu ayrıca terapist tarafından yönlendirilebilir oluşu daha dinamik, fonksiyonel ve güvenli bir tedavi şeklini fizyoterapi bilimine kazandırmaktadır. Bireylerin kullanım sırasındaki motivasyonel olarak istekli

oluşları ve diğer denge ve fonksiyonel antrenman ekipmanlarıyla kolaylıkla kombine olarak kullanım imkanı sağlaması yönünden etkili bir uygulama imkanı vermektedir.

Yapılan birçok çalışmaya göre özellikle denge çalışmaları veya fonksiyonel egzersizler sırasında bireyler motivasyon ve adaptasyon kaybı yaşayabilmektedirler. Bu nedenle bireyler eğer harekete doğru adapte ve konsantre olamazlarsa yaralanma riskleri doğurabilmektedir (12,32,57). DİBA'nın kullanım olarak birçok farklı türde egzersiz sağlaması ve yeni bir mekanizma olması sayesinde motivasyon ve adaptasyonu arttırdığını düşünmekteyiz. Uyguladığımız cihazın en önemli avantajlarından birinin kontrol kumandası ve hareket paternleri fizyoterapistin yönetiminde olduğu için bireylerin kontrollerini sağlamanın daha kolay olduğu ve hareketlerin yanlış yapılma ihtimalinin daha az olduğu düşünülmektedir. Kontrolün tamamen fizyoterapistte olmasının yaralanma riskini azalttığı düşünülmektedir.

DİBA ile uygulanan egzersiz sırasında, cihaz fizyoterapist tarafından sürekli hareket ettirilmekte ve yönü değiştirilmektedir. Hareket paternini uygulanan birey bilmediği için sürekli hareket algısını hassas tutmalı ve adaptasyonu yüksek olmalıdır. Bu sayede sürekli fizyoterapist kontrolünde ve fizyoterapistin belirlediği hareket limitleri içinde egzersize izin vermektedir. Ayrıca DİBA ile uygulanan egzersizler diğer egzersiz ekipmanları ile entegre halde çalışmaya olanak sağladığından dolayı, daha fazla egzersiz çeşitliliğine ve çalışma dizaynlarına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle de bireylerin sürekli halde kas kontraksiyonu ile kontrolü sağlamaları gerekmektedir. Çünkü günlük yaşam aktiviteleri sırasında aktif bir hareket dizini açığa çıkarmak için dinamik olarak sürekli bir kassal harmoni ve kas kontraksiyonu gerekmektedir (44,56,57,66). Bu cihaz ile klasik denge ve fonksiyonel antrenman ekipmanlarından farklı olarak, yerle temas yüzeyi 3 boyutlu olarak (sağ-sol hareket, ileri-geri hareket, ayak bileği düzleminde aşağı yukarı, eversiyon-inversiyon hareketleri) yapabildiği için daha fazla kas kontrolü gerekmektedir. Bununla ilgili olarak DİBA ile uygulanan direkt egzersiz sırasında kassal kontraksiyon miktarını ölçüp, karşılaştırmaya olanak sağlayan çalışmalara da ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma DİBA'nın fonksiyonel eğitimde kullanımı, denge ve

fonksiyonellik üzerine etkisini göstermek için yapıldı. Genç aktif bireylerde 8. haftada etkili olduğu gösterildi. Bunun yanı sıra sporcuların denge ve fonksiyonel antrenmana katılımını arttırmak için, engelli bireylerin kontrolünü sağlayarak farklı bir proprioseptif girdi sağlamak için, yaşlı bireylerin düşme riskini azaltıp dengelerini arttırmak için, cerrahi müdahale sonrası rehabilitasyonda tedaviye aktif katılımlarını ve motivasyonlarını arttırmak için, standart rehabilitasyon ve fonksiyonel antrenman programlarının yerine veya standart rehabilitasyon programı ile birlikte DİBA'nın kullanılabileceğini düşünmekteyiz. Ancak farklı popülasyonlarda ve farklı patolojilerde etkinliğinin belirlenebilmesi için çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

DİBA cihazının etkisini gösterebilmek amacıyla standart denge eğitimine paralellik gösterecek bir egzersiz programı dizayn edildi. Haftalara göre egzersizlerin zorluk seviyelerindeki değişim ve egzersiz çeşitleri de kontrol grubu ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca uygulanan egzersizlerin süreleri, tekrarları ve set sayıları da kontrol grubunda uygulanan sayılara benzer sayılarda uygulandı. İki egzersiz programında da yoğunluk ve şiddetin benzer olmasının DİBA ile uygulanan programın etkinliğini daha net ortaya koyabileceği düşünüldü.

Çalışmamızda uyguladığımız denge programı, literatürde kullanılan ve denge eğitimi üzerine belirlenmiş ekipmanlar ile oluşturuldu (8,23,30,32,35,40,57,71). Her iki grup için bireylere uygulanan egzersiz programları özellikle fonksiyonel hareket paternlerini ve egzersiz türlerini içerecek şekilde planlandı ve uygulandı. Literatürdeki birçok çalışmaya göre günümüzde uygulanan rehabilitasyon programları fonksiyonel ve bireylerin günlük yaşam aktivitelerindeki veya spor müsabakaları sırasındaki hareket paternlerini içermelidir (7,12,32,44,45,56,70,72). Bu sayede günlük yaşam aktiviteleri veya müsabaka sırasında tekrar aynı hareketle karşılaşınca şuurlu olarak ve şuuraltı hareket paternlerini egzersizler ile çalıştığı için yaralanma riskleri daha az olmaktadır (16,18,20,33,36,56,72). Bireyler denge eğitimlerinde kullanılan bütün ekipmanların uygulanması sırasında yerle temasta olmayan ekstremitelerini vücutlarına yakın tutarak dengede durma çalışmaları veya her iki ekstremite denge ekipmanı üzerindeyken denge eğitimi çalışmaları uygulanmaktadır. Bu nedenle bacakla uzanım gerektirecek hareketler sırasında veya yürüyüş gibi günlük yaşam

aktivitesi benzeri kombine hareket paternlerini çalışmayı sağlayacak denge ve fonksiyonel eğitimler eksik kalmaktadır. Bu çıkarımla ayrıca literatürde ileri uzanımları daha fazla aktif edebilecek ve farklı hareket yönlerine de müsaade edilecek ekipmanlara ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Leavey ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada 6 hafta boyunca denge tahtası ve *wobble board* kullanılarak verilen denge eğitimin, propriosepsiyon programlarıyla kombine halde uygulanması, standart kuvvetlendirmelere göre daha etkili olduğu bulunmuştur (73). Strom ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da *BOSU*, *wobble board* ve yumuşak yüzeyler kullanılması yönünden ve 19 sağlıklı bireye uygulanması yönünden çalışmamızla paralellik göstermektedir. Çalışmanın sonuçları bakımından uygulanan denge programının bireylerin ayak bileği rehabilitasyon ve koruyucu rehabilitasyonda kullanılabileceği belirtilmiştir. Bu sayede denge ve fonksiyonel antrenmanların aynı zamanda ayak bileği kuvvet artışını da sağladığını belirtmişlerdir (74). Bu durumda denge ekipmanları sadece izole dengeyi geliştirmek yerine aynı zamanda ayak bileği rehabilitasyonunda da kullanılabilmektedir (75). DİBA'nın kullanım alanı bakımından denge ve fonksiyonel antrenman üzerine tasarlanmasına rağmen, ayak pedal kısımlarının stabil olmaması ve ciddi bir ayak bileği kas aktivasyonu gerektirmesinden dolayı bu çalışmada olduğu gibi DİBA'nın da ayak bileği rehabilitasyonunda rahatlıkla etkili bir şekilde kullanılabileceği düşünülmektedir.

Myer ve arkadaşlarının bayan sporcular üzerinde uyguladıkları çalışmada, ayrıca, Cooper ve arkadaşlarının, ÖÇB cerrahisi sonrasında uyguladıkları denge ve fonksiyonel eğitim protokollerinde *BOSU* ve denge tahtaları kullanmışlardır. Burada kullanılan ekipmanların, birçok mekanoreseptörün aktivasyonunu sağlayarak, afferent girdi ve propriosepsiyonu artırdıklarını belirtmişlerdir. Bu eğitimlerin, nöromusküler kontrolü artırarak, sportif aktiviteler sırasında gelen yer reaksiyon kuvvetini absorbe etmeyi sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca bu eğitimlerin, bireylerin düşme ve sıçrama stratejilerini geliştirerek, biyomekaniksel düzeltmeler sağladığı için yaralanma mekanizmalarını azalttığını belirtmektedirler. Bu sayede diz yaralanmalarını önlemeye de yardımcı olabileceğini belirtip, bireylerin ön çapraz bağ cerrahisi sonrası denge ve fonksiyonel eğitimin kullanımlarını önermektedir (76,77).

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kullanılan egzersiz ekipmanları ve egzersiz türleri literatürde fonksiyonel antrenman olarak belirtilmektedir. Ayrıca kullanılan bütün ekipmanların kullanılış şekilleri ve süreleri literatürde uygulanan süre, set ve tekrar sayıları ile paralellik göstermektedir (3,4,7,10,13,21,35,38,57,74). Oliver ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada bayan atletlere uygulanan fonksiyonel denge antrenmanı sırasında kullanılan denge ekipmanları bakımından fonksiyonel hareketlere ve egzersizlere izin verdiği için fonksiyonel denge eğitimi tanımını kullanmışlardır. Bu nedenle uygulanan 8 haftalık eğitim programının aynı zamanda fonksiyonel parametrelerinde de artış gösterebileceği düşünülmektedir (78).

Literatürde birçok çalışmada, özellikle alt ekstremite yaralanmaları sonrası dengede kaybın ve proprioseptif duyuda azalmanın olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (8,13,22,34,45). Ayrıca belirli yaralanmalar veya patolojiler sonrası azalan denge ve propriosepsiyonun, verilen denge eğitimi ile geliştirilebildiği gösterilmiştir. Bu değişimin ağrı, kas kuvveti, proprioseptif duyu gibi parametrelerde ki iyileşmeye bağlı olarak gelişme gösterdiği düşünülmektedir (3,8,42-47,63,66,68). Bu parametreler dengenin sağlanmasında önemli belirleyicilerdendir. Sağlıklı bireylerde bu parametrelerde bir denge kaybı veya azalmanın olmaması nedeni ile denge parametrelerinde gelişimin olmadığı açıklanabilir. Bir başka açıklamada verilen denge eğitim programının denge kaybı olmayan bireyler için yeterli olmaması olabilir. Bu eğitim programının özellikle alt ekstremite yaralanması olan bireylerde etkili olduğu gösterilmiştir (5,8,10,16,24,78).

Çalışmamızda her iki grupta sağlıklı sporculara verilen denge eğitimi sonucunda denge patolojisi olmayan bireylerde verilen eğitim ile denge parametrelerinde her iki grupta da başlangıç değerlerine göre gelişim bulundu. Ancak sağlıklı ve aktif bireyler için daha ileri eğitimlere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

5.1. Denge

5.1.1. Dinamik Denge

Günlük hayatımızın her anında kullandığımız dinamik denge, fonksiyonel hareketlerimizin temelini oluşturmaktadır (56,61,77-80). Bu nedenle yaralanmalar

sonrası görülen denge ve propriosepsiyon kaybını en aza indirmek, rehabilitasyonun kalitesini artırmakla beraber tekrar yaralanma riskini azaltacaktır (75,81).

Literatürde bulunan birçok çalışma da dinamik dengenin değerlendirilmesi için YDT önerilmektedir (35,57,74). Literatürde sağlıklı sporcularda YDT, dinamik dengenin değerlendirilmesi için kullanılmaktadır. Kullanımının kolay olması, bireylerin rahat uyum sağlaması, karışık ve ulaşımı zor ekipman gerektirmemesi bakımından diğer mekanizmalara göre sıklıkla tercih edilmektedir. Linek ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada denge değerlendirmesinde YDT testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, genç ve yetişkin sporcular üzerinde, dinamik dengenin ölçülmesi için genç yetişkinlerde kullanımı önerilmiştir (86). Bu çalışmada kullanılan birey sayısının yakın oluşu ve uygulanan grubun elit sporculardan oluşuyor olması yönünden çalışmamızla paralellik göstermektedir. Yirmisekiz elit basketbol sporcusu üzerinde yapılan başka bir çalışmada, 8 haftalık nöromusküler eğitiminin etkinliğini araştırmak için YDT kullanılmıştır (87). Bu çalışma, kullanılan test yöntemi yönünden ve uygulanan eğitim programının türü ve süresi yönünden çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

Gribble ve arkadaşlarına göre dinamik denge, nöromusküler kontrolü ve postüral stabiliteyi geliştirmek ve yaralanma sonrası spora dönüş için gerekli olan fonksiyonel yetileri geri kazanmak bakımından rehabilitasyonun vazgeçilmez unsurlarından biridir. Yapılan çalışmalar yaralanmalar sonrasında eklem pozisyon hissi değişimi ile birlikte dinamik dengede de azalmalar meydana geldiğini belirtmektedirler (25,82). Ayrıca dinamik denge programlarının yaralanma riskini azaltmak için mutlaka rehabilitasyon ve antrenman programlarına eklenmesi gerektiği belirtilmektedir (82). Bruno ve arkadaşlarına göre ön çapraz bağ cerrahisi yapılmış bireylerde erken dönemde 2 haftalık denge eğitimi sonrası, bireylerin dinamik stabilitesinde artış olduğunu göstermişlerdir. Çalışmamızda ise her iki gruba uygulanan 4 haftalık denge programları sonrasında dinamik denge parametreleri bakımından başlangıç değerlerine göre, grupların kendi içlerinde, her iki grupta da artış görüldü fakat hiçbir parametrede istatistiksel bir anlamlılık bulunmadı.

Ön çapraz bağ cerrahisi sonrası diz çevresinde oluşan ödem, hareket

kısıtlılığı ve ağrı dolayısıyla erken dönemde ciddi bir denge ve propriosepsiyon kaybı görülmektedir (12,57). Bu nedenle cerrahi sonrası rehabilitasyonda kullanılan denge eğitimleri, sağlıklı bireylere göre daha erken dönemde proprioseptif aktivasyon ve denge artışı sağlamaktadır. Çalışmamızda eğitimin ikinci haftasında değerlendirme yapmadığımız için bu dönemde gelişme olup olmadığını bilmiyoruz. Ancak 4. ve 8. haftalarda gelişimin olduğunu belirledik. Ayrıca 8. haftada DİBA ile daha fazla gelişim göstermesinin dinamik denge geliştirilmesinde daha etkili olabileceğini düşündürtmektedir.

Brachmann ve arkadaşlarının yaptıkları sistematik derleme sonuçlarına göre, denge eğitimlerinin etkili olabilmesi ve olumlu sonuçlar gösterebilmeleri için en az 8 hafta uygulanması gerektiğini belirtmektedirler (83). Çalışmamızda 8 haftalık eğitim programım uygulandı. Ayrıca çalışmamızda da dinamik dengenin anterior parametresinde ve statik dengenin 4. hafta ölçümlerinde gruplar arasında anlamlı fark bulunmazken, 8. hafta ölçümleri sonrasında fark bulundu. Buradan yapılan çıkarımla denge ve fonksiyonel antrenmanlarının etkilerinin çalışmamızda açığa çıkması 8. Haftalık eğitimin gerekli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bu derlemeye göre denge eğitimlerinin etkili olabilmesi için 45 dakikalık seanslar halinde uygulamak gerekmektedir. Çalışmamızda minimum 45 dakikalık seanslar halinde denge ve fonksiyonel antrenman uygulamamız bakımından bu derleme çalışmamızı desteklemektedir. Aynı derlemeye göre bazı çalışmalarda daha uzun süreli denge eğitimi çalışmalarının daha etkili olabileceği belirtilmektedir. Uygulama süresi ve sıklığı yönünden literatürde birçok farklı çalışma bulunmaktadır. Gioftsidou ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada futbolcular üzerinde farklı sayıda gün ve haftalarda uygulanan denge eğitimlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda uygulanan denge eğitimlerinin haftada en az 3 gün 6 hafta uygulanmasını önermektedirler. Bununla beraber farklı tür yapılan denge antrenmanları ile klasik futbol antrenmanları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamasına rağmen futbolcularda denge eğitiminin mutlaka antrenman programlarına eklemek gerektiğini belirtmektedirler (84). Bu sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermektedir. Çünkü uyguladığımız çalışmamızda haftada 3 gün olmak üzere 8 haftalık bir eğitim uygulandı. Uygulanan egzersiz programı sonrasında dinamik dengenin anterior parametresi dışında diğer denge parametrelerinde herhangi bir anlamlı fark bulunmadı. Futbol oyuncularında

yaralanmanın önlenmesi ve dengenin geliştirilmesi için, denge antrenmanları futbolun vazgeçilmez unsurlarından birdir. Fakat kısa süreli uygulamalarda dinamik ve statik denge üzerine fark göstermemesine rağmen uzun süreli denge eğitim programlarının uygulanması önerilmektedir. Lesinski ve arkadaşları tarafından sağlıklı yetişkin bireyler üzerinde yapılan çalışmaya göre uygulanan denge programlarının etkinliğinin gösterilebilmesi için gerekli olan egzersiz türleri, süreleri, yoğunluğu ve sıklıkları yönünden fikir birliğine varılamadığını belirtip, hala denge eğitimlerinin set, süre ve tekrar sayılarının belirlenmesi yönünden daha yüksek kalitede ve detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulması gerektiğini belirtmişlerdir. (85).

Sekiz hafta sonunda çalışma grubunda, eğitim öncesi ölçümlerine göre, anterior parametre ve posteriomedial parametrelerde anlamlı değişim görülürken, kontrol grubunda posteriomedial ve posteriolateral yönlerde daha fazla gelişme olduğu bulundu. Kontrol grubunda, posteriomedial ve posteriolateral parametrelerde bireyler *wobble board* ve *BOSU* üzerinde yan uzanımlara ve lateral salınım eğitimlerine, öne uzanıma göre daha fazla izin verdiği için bu yöndeki test parametrelerinde anlamlı bir değişim görülürken, anterior parametrede görülmediği düşünülmektedir.

Ayrıca çalışmamızda dinamik denge parametrelerinde 8. hafta sonuçlarına göre; YDT'nin anterior parametresinde çalışma grubunun değerleri, kontrol grubunun değerlerinden yüksek bulundu. DİBA, sistem olarak ileri, geri yönde harekete izin vermesinin yanısıra, aynı zamanda bu yönlerde çeşitli hız ve hareket paterni değişimine de izin vermektedir. İleri geri hareket paternlerini iki motor ile gerçekleştirmektedir. Fakat lateral hareketlere açısal olarak izin vermesine rağmen yanlara doğru hareketi değiştirecek hareketi sağlayan yeterli motor sayısı bulunmadığından ve hız değişimine izin vermediğinden dolayı bu hareketleri kısıtlı olarak yapabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı, 8 haftalık eğitim sonrasında YDT'nin anterior parametresinde olumlu fark oluşturmasına rağmen, posteriomedial ve posteriolateral parametrelerde fark oluşturmadığını düşünmekteyiz. Bu nedenle ileri yapılacak çalışmalarda lateral hareketleri ve açısal hareket kontrolünü daha fazla değiştirebileceğimiz bir sistem oluşturulması gerektiğini düşünmekteyiz.

5.1.2. Statik Denge

Çalışmamızda, uygulanan denge eğitimleri ve denge ekipmanlarının statik dengede de olumlu etkiler yaptığı görüldü. Verilen eğitimlerin dinamik denge ve fonksiyonel egzersizleri içermelerine rağmen statik dengenin gelişmesi bu eğitimlerin dengenin tüm parametrelerinin gelişmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca profesyonel futbol oyuncuları üzerinde uygulanan nöromusküler ve dinamik antrenman programının, bireylerin dinamik dengelerinin yanı sıra statik dengelerinde de anlamlı artış gösterdiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışma 8 hafta uygulanmakla beraber statik dengenin gelişiminde, proprioseptif ve nöromusküler antrenmanın önemli bir rolü olduğunu belirtmektedirler (35). Yaptığımız çalışmada her iki gruba da uygulanan egzersiz programı tamamen dinamik ve fonksiyonel antrenman içermesine rağmen, 8 haftalık program sonrasında statik dengede anlamlı sonuçlar elde edilmesi bakımından benzerlik göstermektedir. Ayrıca dinamik denge ile statik dengenin her ikisinde de amaç vücut ağırlık merkezini, yerçekimi merkezinin ortasında tutmak olduğu için, dengenin her iki parametresinin birbirinden kesin çizgilerle ayrılmayacağını düşünmekteyiz.

Literatüre göre statik dengenin en önemli parametrelerinden biri, bireyin yerle temas yüzeyinin sabit olması gerektiğini belirtmektedirler (35). Ayrıca statik denge, yerle temasın sabit olma durumunu sürdürebilme yeteneğidir (16). Çalışmamızda kullanılan bütün ekipmanlar yerle temas yüzeyini değiştirdiği için tam olarak statik dengeyi geliştirmemiş olabileceği düşünülmektedir (27).

Kesilmis ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada futbol oyuncuları ile sendanter oyuncuların dinamik ve statik dengelerini YDT ve FDT ile karşılaştırmışlardır. Bu çalışma, hem çalışmada kullanılan test parametrelerinin aynı oluşu, hem de çalışmaya dahil edilen birey sayılarının benzer oluşu yönünden önem göstermektedir. Çalışmanın sonucunda futbol oynayan bireylerin, sedanter bireylere göre dinamik ve statik dengelerinin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. 8 haftalık eğitim sonrası YDT'nin anterior parametresi yönünden istatistiksel olarak anlamlılık değeri çalışmamızla benzer sonuçlara sahiptir (88). Ayrıca Khuman ve arkadaşları 150 erkek elit sporcu üzerinde yaptıkları geniş çalışmada futbol oyuncularının statik dengelerinin, voleybol ve kriket oyuncularına göre daha iyi

olduğunu belirtmişlerdir (89). Futboldaki dengenin, diğer spor türlerine göre daha iyi olmasının sebebi olarak, futbol müsabakası sırasında diğer sporlara göre daha fazla manevra içermesinden dolayı ve daha fazla yön değiştirme içerdiğinden dolayı olduğunu belirtmişlerdir. Bu nedenle futbolcularda sedanter bireylere göre dengelerinin daha iyi olduğunu bununda yüksek sensorimotor eksitabiliteden kaynaklandığını belirtmişlerdir (89). Bu çalışmanın elit sporcular üzerinde uygulanması yönünden statik ve dinamik dengelerinin normal bireylerden yüksek bulunması önem göstermektedir. Çünkü yüksek statik denge değerine sahip bireylerde verilen eğitimlerin büyük bir gelişim göstermeyeceğini düşünmekteyiz. Bu nedenle bu çalışmanın sedanter bireylerde veya denge eksikliğine sahip bireylerde uygulanması, gruplar arasındaki farkı daha net gösterebileceği düşünülmektedir.

5.2. Fonksiyonel Parametreler

Literatürde bulunan birçok çalışma denge eğitimlerinin ve fonksiyonel antrenmanların etkinliğini ve rehabilitasyon programlarına eklenmesi gerektiğini göstermektedir (3,45,57,71,75,82,84). Yaralanmalar sonrası uygulanan rehabilitasyon programlarında dengenin ve propriosepsiyonun geliştirilmesi için fonksiyonel antrenman, rehabilitasyon programının en önemli komponentlerinden biridir (65,71,74,82,90). Liao ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada 58 diz cerrahisi geçirmiş hastaya, cerrahi sonrası uygulanan fonksiyonel antrenmanın, rehabilitasyon programlarına olumlu etkiler gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca fonksiyonel antrenmanın, denge eğitimleri ile kombine halde uygulanması durumunda tek bacak durma testinde, öne uzanma testinde ve fonksiyonel testlerde istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar verdiğini göstermişlerdir. (90). DİBA genel olarak *BOSU* ve *wobble board* kullanımını öneren çalışmalarda belirtildiği gibi hem fonksiyonel parametreleri hem de dinamik denge parametrelerini içermesi bakımından benzer özellik göstermektedir. Buna ek olarak ekstremitelerin bağımsız hareketi sayesinde farklı ekipmanlarla ve egzersiz türleriyle açığa çıkarılabilecek hareketleri tek başına uygulama avantajı sağlamaktadır.

Zhang ve arkadaşlarının 30 sporcu üzerinde yaptıkları çalışmada menisektomi uygulaması sonrası fonksiyonel antrenman programının ve denge programının uygulanması sonrası Star Excursion Balance test, tek bacak durma testi

ve sıçrama testi ile değerlendirilmiştir. Çalışmada uygulanan rehabilitasyon programının içeriği ve uygulanan test parametreleri yönünden çalışmamızla paralellik göstermektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre nöromusküler antrenman ve kuvvetlendirme antrenman programının beraber uygulanması sonucunda sadece kuvvet artmamakta, ayrıca dinamik denge parametrelerinde de gelişme görülmektedir (91). Bu çalışma, gerçekleştirdiğimiz projede kullanılan aynı test parametrelerini kullanması bakımından ve sonuçların da birbirine paralellik göstermesi bakımından önem göstermekterdir.

Literatürde, FUT yaşlı bireyler veya nörolojik rahatsızlığı bulunan bireyler üzerinde sıklıkla kullanılmaktadır (33,75,92). Bu çalışmaların aksine Cuğ ve arkadaşları FUT dinamik dengeyi belirlemek ve değerlendirmek için sağlıklı sedanter bayanlara uygulamışlardır (57). Nepocatych ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada fonksiyonel performans ve dinamik denge değişimini belirlemek için ortalama yaş değeri 25 olan sağlıklı bireylerde tüm vücut vibrasyon uygulamasının etkisi, FUT ile değerlendirilmiştir (58). Wiesmeier ve arkadaşlarının yaptıkları çalışma da bu çalışma ile aynı düzlemde olmakla beraber 35 sağlıklı genç birey ile 35 ileri yaşlı bireyin FUT parametrelerini karşılaştırmışlardır (93). Her iki çalışmada belirtildiğine göre; genel literatürün aksine fonksiyonel parametrelerin değerlendirilmesi veya dinamik dengenin değerlendirilmesi için FUT genç veya sağlıklı bireylerde de kullanılabilmektedir. Belirtilen çalışmalarda olduğu gibi, yapılan çalışmamızda sağlıklı elit sporcularda FUT testi kullanılmıştır. Ayrıca literatürde yaşlı bireylerde daha sıklıkla kullanılma sebebi testin kullanımının kolay olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Aynı zamanda sağlıklı ve genç bireylerde kullanılmamasını belirten herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Fakat bu testlerin sağlıklı ve genç bireyler üzerinde verecekleri sonuçlar, yaşlı veya denge problemi olan bireylere göre daha az fark açığa çıkarmaktadır. Çünkü yaşlı bireylerde denge bozukluğu veya fonksiyonel bozukluk, genç bireylere göre daha fazla olduğu için, verilecek eğitimler veya rehabilitasyon programları sonrası değişim daha fazla açığa çıkmaktadır. Her iki çalışmada belirtilen yorumlar bizim çalışmamızla aynı yöndedir. Çalışmamızda FUT bakımından her iki grup arasında herhangi bir fark görülmemesi ile birlikte, zaman içindeki değişimleri bakımından da FUT herhangi bir değişim göstermedi. Bu değişimlerin açığa çıkmamasında en

önemli etkenlerden birinin kullanılan çalışma grubu bakımından sağlıklı elit spor yapan bireylerin seçilmiş olduğu düşünülmektedir.

Sueyoshi ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ön çapraz bağ cerrahisi geçirmiş sporculara sahaya dönüş fazında tek bacak sıçrama testi ile izokinetik test sonuçları arasında fonksiyonellik ve quadriceps, hamstring kuvveti bakımından bir ilişki olup olmadığını araştırmışlardır (94). Yapılan birçok literatür çalışmasına göre özellikle izokinetik kuvvet ölçümleri, alt ekstremite kuvvetini belirlemede altın standart olarak belirtilmektedir (95,96,97). Literatürün aksine bu çalışma hem tek bacak sıçrama testinin hem de izokinetik ölçümlerin alt ekstremite fonksiyonel ölçümlerinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (94). Ön çapraz bağ cerrahisi sonrası sahaya dönüş fazında, tek bacak sıçrama testi, izokinetik ölçümlere göre fonksiyonellik yönünden ve quadriceps-hamstring kuvvet oranı yönünden daha ilişkili bulunmuştur. Yapılan birçok çalışma bireylerin fonksiyonel durumlarını belirlemek için veya spora dönüş kararı vermek için tek bacak sıçrama testinin gerekliliğini ve önemini belirtmektedir (94,98,99). Ayrıca literatürde bulunan birçok çalışmada fonksiyonel antrenmanların etkinliğini belirlemede tek bacak sıçrama testi kullanılmaktadır (19, 38, 40,75,81). Fonksiyonel antrenmanların gerekliliği ve bu antrenmanların etkilerini değerlendirmek için tek bacak sıçrama testinin uygulanması yönünden çalışmamız, belirtilen bu çalışmalarla paralellik göstermektedir. Çünkü tek bacak sıçramak için bireyin bütün vücut hareketlerini ve özellikle diz parametrelerini kombine olarak kullanması gerekmektedir. Bu sayede testi gerçekleştirmek ve ileri doğru zıplamak için gerekli olan maksimum kuvveti açığa çıkarabilmektedir. Ayrıca zıpladıktan sonra, testin geçerli sayılıp ölçüm alınabilmesi için tek bacak üzerine doğru bir düşme stratejisi gerçekleştirerek ve diğer ayağını yere değdirmeden dengede durması gerekmektedir. Bütün bu parametreleri gerçekleştirmek için doğru bir fonksiyonel entegrasyon gerekmektedir. Çalışmamızın sonucunda DİBA ile eğitim verilen grupta 4. hafta ve 8. hafta TBS testinde anlamlı sonuçlar elde etmek, DİBA ile yapılan eğitimin fonksiyonellik bakımından etkili olduğunu göstermektedir.

Meierbachtol ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ön çapraz bağ cerrahisi sonrası uyguladıkları 6 haftalık fonksiyonel ve nöromusküler eğitim sonrası bireylerin fonksiyonel değişimlerini belirlemek için TBS testi uygulamışlardır.

Uygulama sonrasında, öncesine göre tek bacak testlerinde anlamlı sonuçlar bulmuşlardır. Çalışmamızda olduğu gibi birçok çalışma fonksiyonel antrenmanların gerekliliğini belirtmekle beraber, doğru bir eğitim programı sonrasında fonksiyonel testlerde olumlu sonuçlar gösterdiğini belirtmektedir (100).

5.3. Çalışmanın Limitasyonları

Bu çalışmanın sahip olduğunu bazı limitasyonlar mevcuttur. Öncelikle bu cihazın prototip olarak üretilmesi ve ilk ürün olmasından dolayı sistemin mekanik olarak geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Açısal olarak yana açılma hareketlerinin daha kontrol edilebilir ve daha hız ayarlı olabilecek şekilde geliştirilmesi gerekmektedir. Sadece spor yapan bireyler üzerine uygulanması bakımından nörolojik veya ortopedik rahatsızlıkları mevcut olan bireyler üzerindeki etkileri bilinmemektedir. Bu nedenle cerrahi sonrası rehabilitasyon, nörolojik rehabilitasyon veya ortopedik rehabilitasyona yönelik çalışmalar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca çalışmada uygulanan testler bakımından kassal kuvvet değişiminin de belirlenmesi için, kas kuvvet değişimini gösterecek test parametreleri veya bu parametreleri içeren çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmanın sonuçları bakımından daha uzun süreli eğitimler ile çalışmanın yapılması uzun süreli etki bakımından önem göstermektedir. Ayrıca çalışmadaki katılımcıların memnuniyeti ve katılım isteklerinin yüksek olmasına rağmen herhangi bir memnuniyet anketinin kullanılmaması, bu çalışmanın bir diğer limitasyonunu oluşturmaktadır.

5.4. Çalışmanın Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bilimine Katkıları

Sonuç olarak; bu projenin gerçekleşmesi ile fizyoterapi rehabilitasyon alanında denge eğitimlerine fonksiyonel ve daha dinamik bir bakış açısı sağlandı. DİBA, egzersiz trendi olarak 3 boyutlu egzersiz yaklaşımına uygun tasarlanmıştır ve 3 boyutlu hareket paterninde, sagital düzlemde kalça eklemi için fleksiyon-ekstansiyon hareketlerine, frontal düzlemde tüm alt ekstremite için abduksiyon-adduksiyon hareketlerine ve transvers düzlemde ayak bileği için eversiyon-inversiyon ve üst gövde için rotasyon hareketlerine izin vermektedir. Bu sayede fonksiyonel antrenman kavramına çok açılı yeni bir bakış açısı kazandırmaktadır. Ayrıca katılımcıların memnuniyeti ve katılım isteklerinin yüksek oluşu bu sistemin

rahatlıkla rehabilitasyon ve kuvvetlendirme programlarına entegre edilebileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonucuna göre oluşturulan DİBA kullanım yönünden kolay, fonksiyonel ve etkili olmakla birlikte bireylerin katılımını ve motivasyonunu artırmaktadır. Özellikle günümüzde kullanılan yer temas yüzeyleri sabit denge sistemleri ile kombine halde kullanılması durumunda hastalara daha büyük etkiler ve faydalar verebileceği düşünülmektedir. Birçok fonksiyonel antrenman ve rehabilitasyon ekipmanları ile kombine edilebilir olması yönünden birçok rehabilitasyon merkezi, hastane, klinik ve spor salonunda rahatlıkla kullanıma imkan vermektedir. Kullanım sırasında uygulayan kişinin yaratıcılığına ve ihtiyaçlarına göre egzersizleri bireye özel olarak değiştirmeye fırsat vermesi bakımından birçok farklı problemde ve egzersiz programına entegre etmeye fırsat vermektedir. Ayrıca cihazın kullanımının kolay olması bakımından uygulayıcıların rahat şekilde uygulamalarını sağlamaktadır. Alan olarak küçük bir yer kaplaması bakımından birçok merkeze rahatlıkla entegre edilebilmektedir. Fakat çalışmanın sahip olduğu limitasyonlar ve bu çalışmanın literatürde yapılan ilk çalışma olması sebebiyle daha ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tezde Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi (DİBA) prototip olarak oluşturuldu. Oluşturulan bu prototip ile bireylerin dinamik, statik dengesi ve fonksiyonelliğine olumlu etki sağlanması, rehabilitasyon ve egzersiz programlarına yeni bir bakış açısı getirmesi amaçlandı. Bu mekanizmada bireylerin günlük yaşam aktivitelerine en yakın hareket paternlerini içermesi bu sayede bireylerin dengesinde gelişim sağlaması hedeflendi. Bu bağlamda DİBA mekanizma olarak, bireylerin hem her iki bacağı bağımsız iki ray sistemi üzerinde ileri, geri ve açısal olarak yanlara açılmasına ve ayağın eversiyon ve inversiyon hareketlerinin yapılmasına izin verecek şeklide üretildi. DİBA'nın etkinliğini göstermek için yapılan testlerde aşağıdaki sonuçlar elde edildi:

- Eğitim sonrasında bireylerin statik dengesinde her iki grupta artış görülürken, DİBA ile eğitim verilen grupta daha fazla artış olduğu görüldü.
- Bireylerin dinamik dengesinin eğitim sonrasında her iki gruptada gelişme gösterdiği bulundu. Çalışma grubunda YDT'nin anterior ve posteriomedial yönlerinde, kontrol grubunda ise sadece posteriolateral yönde gelişme olduğu görüldü.
- DİBA'nın genç ve sporcular dışında, ortopedik, nörolojik, serebral palsi gibi birçok alanda fizyoterapist kontrolünde kullanılıp kullanılamayacağının anlaşılması için DİBA'nın farklı patolojiye sahip bireylerde kullanımına yönelik çalışmalar yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Fonksiyonelliğin değerlendirilmesi için kullanılan TBS testinde her iki grupta gelişme görülürken çalışma grubunda daha fazla artış olduğu görüldü. Bu farklılık nedeni ile DİBA'nın fonksiyonel olduğunu ve rehabilitasyon programları ile birlikte spora dönüş, antrenman programları ve kuvvetlendirme programlarına entegre halde kullanılabileceğini düşünmekteyiz.
- FUT'da çalışma grubunda kendi içinde gelişme olmasına rağmen, kontrol grubuna göre herhangi bir fark bulunmadı.

Sağlıklı sporcu bireylerde haftada 3 gün en az 45-60 dk DİBA kullanımı ile denge ve fonksiyonel parametreler bakımından artış sağlanmaktadır. Bu artış standart

eğitim programına göre birçok yönden daha fazla artış göstermesine rağmen, bazı yönlerden benzerlik göstermesinden dolayı, standart eğitim veya rehabilitasyon programları ile birlikte veya tek başına kullanılabilir.

Bunun yanı sıra DİBA ile eğitim alan bireylerin daha motive olduğu gözlemlendi. Bu bireylerde DİBA, literatürde örneği bulunmaması ve yeni bir ekipman olması bakımından ve vücudun birçok farklı kısmını beraber çalışmaya imkan sağlaması bakımından sporcular için ilgi çekici olduğu düşünülmektedir.

Spor Fizyoterapistliğinde, sporcuların yaralanma anından, sahaya dönüşüne kadar kullanılan bütün rehabilitasyon ve kuvvetlendirme programları fonksiyonel ve spora özgü olmalıdır. Bu bakımdan sporcular için kullanılacak egzersiz ekipmanları ve eğitim programlarının fonksiyonel, motivasyonel ve çeşitlilik göstermesi önemlidir. Uzun süreli eğitimlerde sürekli standart egzersiz kullanımına alternatif olarak DİBA'nın kullanımı, sporcuların rehabilitasyon programlarına katılımlarını arttırmanın yanı sıra fonksiyonelliklerini de arttırmayı sağlayacağı düşünülmektedir.

Sporcuların müsabaka sırasında hem alt hem de üst ekstremite entegrasyonunu sağlaması açısından DİBA'nın kullanımı, spora özgü hareket çeşitliliğine izin vermektedir. DİBA hem alt ekstremite hem de üst ektremitenin beraber kullanımını sağlaması yönünden, literatürdeki diğer denge ekipmanlarından farklılık göstermektedir. Ayrıca DİBA'nın üç boyutlu hareket konsepti sayesinde sporcuların, sporuna özgü hareket paternlerini kullanmakla birlikte, eğitimler sırasında spora özgü ekipmanları beraberinde kullanma avantajı sağlamaktadır.

7. KAYNAKLAR

1-Rugelj D. The effect of functional balance training in frail nursing home residents. Arch Gerontol Geriatr. 2010;50(2): 192-97.

2- McKeon PO, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba E, Bennett BC, Hertel J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. Med Sci Sports Exerc. 2008;40(10): 1810-19.

3-Gonçalves DFF, Ricci NA, Coimbra AMV. Functional balance among older adults from the community. 2009;13(4): 316-23.

4- Williams GN, Allen EJ. Rehabilitation of syndesmotic (high) ankle sprains. Sports Health. 2010;2(6): 460-70.

5- Diracoglu D, Aydin R, Baskent A, Celik A. Effects of kinesthesia and balance exercises in knee osteoarthritis. J Clin Rheumatol. 2005;11(6): 303-10.

6- Galeano D, Brunetti F, Torricelli D, Piazza S, Pons JL. A tool for balance control training using muscle synergies and multimodal interfaces. Biomed Res Int. 2014 doi: 10.1155/2014/565370.

7- Baltaci G, Harput G, Haksever B, Ulusoy B, Ozer H. Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013;21(4): 880-87

8- Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PM, Blair VA. Exercise for improving balance in older people. Cochrane Database Syst Rev. 2007;(4): CD004963

9- Hasegawa N, Takeda K, Sakuma M, Mani H, Maejima H, Asaka T. Learning effects of dynamic postural control by auditory biofeedback versus visual biofeedback training. Gait Posture. 2017;58: 188-93

10- Williams J, Bentman S. An investigation into the reliability and variability of wobble board performance in a healthy population using the SMARTwobble instrumented wobble board. Phys Ther Sport. 2014;15(3): 143-47.

11-Son SM, Park MK, Lee NK. Influence of Resistance Exercise Training to Strengthen Muscles across Multiple Joints of the Lower Limbs on Dynamic Balance Functions of Stroke Patients. J Phys Ther Sci. 2014;26(8): 1267-69.

12- Haksever B. Hamstring Tendon Grefti ile Ön Çapraz Bağ Rekontrüksiyonu Sonrası Wii Terapi İle Standart Rehabilitasyon Protokolünün Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi) Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2012

13-Michell TB, Ross SE, Blackburn JT, Hirth CJ, Guskiewicz KM. Functional balance training, with or without exercise sandals, for subjects with stable or unstable ankles. J Athl Train. 2006;41(4): 393-98.

14- Oddsson LI, Karlsson R, Konrad J, Ince S, Williams SR, Zemkova E. A

rehabilitation tool for functional balance using altered gravity and virtual reality. J Neuroeng Rehabil. 2007;10(4): 25-32.

15- Bhat R, Moiz JA. Comparison of dynamic balance in collegiate field hockey and football players using star excursion balance test. Asian J Sports Med. 2013;4(3): 221-29

16- Lin YH, Chen TR, Tang YW, Wang CY. A reliability study for standing funtional reach test using modified nd traditional rulers. Percept Mot Skills. 2012;115(2): 512-20.

17. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kielel KB, Underwood FB, Elkins B. The Reliability of an Instrumented Device for Measuring Components of the Star Excursion Balance Test. N Am J Sports Phys Ther. 2009;4(2): 92-99.

18. Barabas A, Bretz K, R.J. Kaske. Stabilometry of the flamingo balance test. Presented at the 14 International Symposium on Biomechanics in Sports; 1996; Funchal, Madeira, Portugal.

19. Panjan A, Sarabon N. Review of Methods for the Evaluation of Human Body Balance. Sport science review. 2012;19(5-6): 131-63

20. Erkmen N, Taşkın H, Sanioglu A, Kaplan T, Baştürk D. Relationships between Balance and Functional Performance in Football Players. Journal of Human Kinetics. 2010;26: 21-29

21. Kniep RD. Zahn D, Wulfes J, Walther LE. The sense of balance in humans: Structural features of otoconia and their response to linear acceleration. PLoS One. 2017;12(4): e0175769.

22.Horak FB, Shupert CL. Role of the vestibular system in postural control. In; Herdman SJ editör. Vestibular rehabilitation. Philadelphia: F.A Davis Company; 1994, p. 22-42. 178-181. Pollock AS., Durward BR., Rowe PJ. What is balance? Clin. Rehabil, 2000;14: 402-06.

23. Moreno-Segura N, Celedonia IC, Ballester-Gil Y, María Clara BI, Blasco JM. The effects of the Pilates training method on balance and falls of older adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. J Aging Phys Act. 2017;3: 1-21.

24. Pfile KR, Gribble PA, Buskirk GE, Meserth SM, Pietrosimone BG. Sustained Improvements in Dynamic Balance and Landing Mechanics After a 6-Week Neuromuscular Training Program in College Women's Basketball Players. J Sport Rehabil. 2016;25(3): 233-40.

25. Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. J Athl Train. 2004;39(4): 321-29.

26. Clark S, Rose DJ. Evaluation of dynamic balance among community-dwelling older adult fallers: a generalizability study of the limits of stability test. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(4): 468-74.

27. Hazar F, Taşmektepligil Y. Puberte Öncesi Dönemde Denge ve Esnekliğin Çeviklik Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 2008;1: 9-12

28. Karimiasl A. Farklı Spor Braşlarındaki Sporcularda ve Spor Yapmayanlarda Denge, Antropometrik Ölçümler İle Yürüyüş Biyomekaniği Parametreleri ve Stabilitesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi ve Karşılaştırılması. (Doktora Tezi) Erzurum: Atatürk Üniversitesi; 2016

29. Fino PC, Peterka RJ, Hullar TE, Murchison C, Horak FB, Chesnutt CJ. Assessment and rehabilitation of central sensory impairments for balance in mTBI using auditory biofeedback: a randomized clinical trial. BMC Neurol. 2017;17(1): 41.

30. Davlin CD. Dynamic balance in high level athletes. Percept Mot Skills. 2004;98(3): 1171-76.

31. Tjernström F, Fransson PA, Hafström A, Magnusson M. Adaptation of postural control to perturbations-a process that initiates long-term motor memory. Gait Posture. 2002;15(1): 75-82.

32. Ergun N, Baltacı G. Spor Yaralanmalarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Prensipleri. 5. Baskı, Ankara, Pelikan Yayınevi,2015

33. Goetz CG, Pappert EJ. Textbook of Clinical Neurology. 3rd ed. Philadelphia, Saunders Elsevier, 2007

34. Riemann BL, Lephart SM. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. J Athl Train. 2002;37(1): 71-79

35. Daneshjoo A, Mokhtar AH, Rahnama N, Yusof A. The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Players. PLoS One. 2012;7(12): e51568.

36. Han J, Waddington G, Adams R, Anson J, Liu Y. Assessing proprioception: A critical review of methods. Journal of Sport and Health Science. 2016;5(1): 80-90

37. Kaynak H, Altun M, Özer M, Akseki D. Sporda Propriosepsiyon ve Sıcak-Soğuk Uygulamalarla İlişkisi. J Phys Edu Sport Sci 2015;10(1): 10-35

38. Haksever B, Aktas G, Baltacı G. Effect of kinesiotaping on static and dynamic balance during soccer. Med Sport 2012;65: 223-34

39. Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D. Neuroscience. 2nd ed. Sunderland (MA), Sinauer Associates, 2001

40. Wikstrom EA, Powers ME, Tillman MD. Dynamic Stabilization Time After Isokinetic and Functional Fatigue. Journal of Athletic Training. 2004;39(3): 247-53

41. Myers TW. Anatomy Trains Myofascial Meridians for Manual and Movement Therapists. Maine, Churchill Livingstone, 2013

42. İnal HS. Spor Biyomekaniği Temel Prensipler. Ankara, Nobel Akademik Yayıncılık, 2004

43.Hall JE, Guyton AC. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12nd ed. Philadephia, Saunders Elsevier, 2010

44. Paillard T, Noe F, Rivie` re T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural Performance and Strategy in the Unipedal Stance of Soccer Players at Different Levels of Competition. Journal of Athletic Training. 2006;41(2): 172–76

45. Gökmen B. Denge Geliştiri Özel Antrenman Uygulamalarının 11 Yaş Erkek Öğrencilerin Statik ve Dinamik Denge Performanslarına Etkisi (Yüksek Lisans Tezi) Samsun: Ondokuzmayıs Üniversitesi; 2013

46. Mirovsky Y, Blankstein A, Shlamkovitch N. Postural control in patients with severe idiopathic scoliosis: a prospective study. J Pediatr Orthop B. 2006;15(3): 168-71.

47. Simoneau GG, Degner RM, Kramper CA, Kittleson KH. Changes in Ankle Joint Proprioception Resulting From Strips of Athletic Tape Applied Over the Skin. J Athl Train. 1997;32(2): 141-47.

48. Earhart GM. Dynamic control of posture across locomotor tasks. Mov Disord. 2013;28(11): 1501-08

49. Hébert-Losier K, Abd Rahman F. Reliability of postural measures in elite badminton players using Posture Pro 8. Physiother Theory Pract. 2017;27: 1-12

50. Chaudhry H, Bukiet B, Ji Z, Findley T. Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods-A brief review. Journal of Bodywork & Movement Therapies. 2011;15: 82-91

51. Mikó I, Szerb I, Szerb A, Poor G. Effectiveness of balance training programme in reducing the frequency of falling in established osteoporotic women: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2017;31(2): 217-24.

52. Wang S, Park WM, Kim YH, Cha T, Wood K, Li G. İn vivo Loads in the Lumbar L3-4 Disc During a weight Lifting Extension. Clin Biomech. 2014;29(2): 155-60

53. Henriksson M, Ledin T, Good L. Postural control after anterior cruciate ligament reconstruction and functional rehabilitation. Am J Sports Med. 2001;29(3): 359-66.

54. Risberg MA, Holm I, Myklebust G, Engebretsen L. Neuromuscular training versus strength training during first 6 months after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. Phys Ther. 2007;87(6): 737-50.

55. Tagesson S, Oberg B, Good L, Kvist J. A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: a randomized clinical trial

evaluating dynamic tibial translation and muscle function. Am J Sports Med. 2008;36(2): 298-07.

56. Prentice WE, Kaminski TW. Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training. 6th ed. United Kingdom: Pearson Prentice Hall; 2004.

57. Cuğ M. Effects Of Swiss Ball Training On Knee Joint Reposition Sense, Core Strength And Dynamic Balance In Sedentary Collegiate Students (Doktora Tezi) Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi; 2012

58. Nepocatych S, Balilionis G, Geary C, Collins AB, Bishop P. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Balance and Flexibility with and without Shoes. Sports Med Rehabil J. 2016;1(1): 1004

59. Lange B, Flynn S, Proffitt R, Chang CY, Rizzo AS. Development of an interactive game-based rehabilitation tool for dynamic balance training. Top Stroke Rehabil. 2010;17(5): 345-52.

60. Saposnik G, Teasell R, Mamdani M, Hall J, Mcllroy W, Cheung D, et al. Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle. Stroke. 2010;41(7): 1477-84.

61. Brown R, Sugarman H, Burstin A. Use of the Nintendo Wii Fit for the treatment of balance problems in an elderly patient with stroke: a case report. International Journal of Rehabilitation. 2009;32: 109-10.

62. DeSalvo R. The Influence of a WII Fit Plus Exercise Protocol on Lower Extremity Strength and Balance in an Adult Population. (Master thesis) Ohio: Akron University; 2011.

63. Rogan S, Taeymans J, Radlinger L, Naepflin S, Ruppen S, Bruelhart Y, et al. Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: An update of a systematic review and meta-analysis. Arch Gerontol Geriatr. 2017;73: 95-112.

64. Rendos NK, Jun HP, Pickett NM, Lew Feirman K, Harriell K, Lee SY. Acute effects of whole body vibration on balance in persons with and without chronic ankle instability. Res Sports Med. 2017;25(4): 391-407.

65. Petró B, Papachatzopoulou A, Kiss RM. Devices and tasks involved in the objective assessment of standing dynamic balancing- A systematic literature review. PLoS One. 2017;12(9): e0185188

66. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. Med Sci Sports Exerc. 2007;39: 1423–34

67. MO Leavitt. Physical Activity Guidelines for Americans. Department of Health and Human Services. United States; 2008.

68. Loudon JK, Wiesner D, Goist-Foley HL, Asjes C, Loudon KL. Intrarater Reliability of Functional Performance Tests for Subjects With Patellofemoral Pain Syndrome. J Athl Train. 2002;37(3): 256-61.

69. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. J Gerontol. 1990;45(6): M192-7.

70. İyigün G. İnme Hastalarında İlerleyici Denge Eğitimi ve Oyun Teknolojisi Destekli Denge Eğitimi Yöntemlerinin Etkilerinin Karşılaştırılması. (Doktora Tezi) Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 2012

71. Behm D, Colado JC. The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. Int J Sports Phys Ther. 2012;7(2): 226-41.

72. Dinç E, Kilinc BE, Bulat M, Erten YT, Bayraktar B. Effects of special exercise programs on functional movement screen scores and injury prevention in preprofessional young football players. J Exerc Rehabil. 2017;13(5): 535-40.

73. Leavey VJ, Sandrey MA, Dahmer G. Comparative effects of 6-week balance, gluteus medius strength, and combined programs on dynamic postural control. J Sport Rehabil. 2010;19(3): 268-87.

74. Strøm M, Thorborg K, Bandholm T, Tang L, Zebis M, Nielsen K, et al. Ancle Joint Control During Single-Legged Balance Using Common Balance Training Devices – İmplications For Rehabilitation Strategies. Int J Sports Phys Ther. 2016;11(3): 388-99.

75. Akbari A, Ghiasi F, Mir M, Hosseinifar M. The Effects of Balance Training on Static and Dynamic Postural Stability Indices After Acute ACL Reconstruction. Glob J Health Sci. 2015;8(4): 68-81.

76. Myer GD, Ford KR, Hewett TE. Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes. J Athl Train. 2004;39(4): 352-64.

77. Cooper RL, Taylor NF, Feller JA. A systematic review of the effect of proprioceptive and balance exercises on people with an injured or reconstructed anterior cruciate ligament. Res Sports Med. 2005;13(2): 163-78.

78. Oliver GD, Di Brezzo R. Functional balance training in collegiate women athletes. J Strength Cond Res. 2009;23(7): 2124-29.

79. Beurskens R, Gollhofer A, Muehlbauer T, Cardinale M, Granacher U. Effects of heavy-resistance strength and balance training on unilateral and bilateral leg strength performance in old adults. PLoS One. 2015;10(2): e0118535.

80. Yiou E, Caderby T, Delafontaine A, Fourcade P, Honeine JL. Balance control during gait initiation: State-of-the-art and research perspectives. World J Orthop. 2017;8(11): 815-28.

81. Culvenor AG, Alexander BC, Clark RA, Collins NJ, Ageberg E, Morris HG. Dynamic Single-Leg Postural Control Is Impaired Bilaterally Following Anterior

Cruciate Ligament Reconstruction: Implications for Reinjury Risk. J Orthop Sports Phys Ther. 2016;46(5): 357-64.

82. Bruno P. The use of "stabilization exercises" to affect neuromuscular control in the lumbopelvic region: a narrative review. J Can Chiropr Assoc. 2014;58(2): 119-30

83. Brachman A, Kamieniarz A, Michalska J, Pawłowski M, Słomka KJ, Juras G. Balance Training Programs in Athletes- a Systematic Review. J Hum Kinet. 2017;58: 45-64.

84. Gioftsidou A, Malliou P, Pafis G, Beneka A, Tsapralis K, Sofokleous P, et al. Balance training programs for soccer injuries prevention. J Hum Sport Exerc. 2012;7: 639–47.

85. Lesinski M, Hortobágyi T, Muehlbauer T, Gollhofer A, Granacher U. Effects of Balance Training on Balance Performance in Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Med. 2015;45(12): 1721-38.

86. Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. Musculoskelet Sci Pract. 2017;31: 72-75

87. Benis R, Bonato M, La Torre A. Elite Female Basketball Players' Body-Weight Neuromuscular Training and Performance on the Y-Balance Test. J Athl Train. 2016;51(9): 688-95

88. Kesilmiş İ. The Comparison of the Different Balance Performance of Soccer Players Versus Sedentary. IJSSPE 2017;2(3): 37-43

89. Khuman PR, Kamlesh T, Surbala L. Comparison of static and dynamic balance among collegiate cricket, soccer and volleyball male players. Int J Health Allied Sci. 2014;3: 9-13.

90. Liao CD, Liou TH, Huang YY, Huang YC. Effects of balance training on functional outcome after total knee replacement in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2013;27(8): 697-09.

91. Zhang X, Hu M, Lou Z, Liao B. Effects of strength and neuromuscular training on functional performance in athletes after partial medial meniscectomy. J Exerc Rehabil. 2017;13(1): 110-16.

92. Waroquier-Leroy L, Bleuse S, Serafi R, Watelain E, Pardessus V, Tiffreau AV, et al. The Functional Reach Test: strategies, performance and the influence of age. Ann Phys Rehabil Med. 2014;57(6-7): 452-64

93. Wiesmeier IK, Dalin D, Wehrle A, Granacher U, Muehlbauer T, Dietterle J, et al. Balance Training Enhances Vestibular Function and Reduces Overactive Proprioceptive Feedback in Elderly. Front Aging Neurosci. 2017;9: 273.

94. Sueyoshi T, Nakahata A, Emoto G, Yuasa T. Single-Leg Hop Test Performance and Isokinetic Knee Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Athletes. Orthop J Sports Med. 2017;5(11): 2325967117739811

95. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. PM R. 2011;3(5): 472-9.

96. Chamorro C, Armijo-Olivo S, De la Fuente C, Fuentes J, Javier Chirosa L. Absolute Reliability and Concurrent Validity of Hand Held Dynamometry and Isokinetic Dynamometry in the Hip, Knee and Ankle Joint: Systematic Review and Meta-analysis. Open Med (Wars). 2017;12: 359-75.

97. Martin HJ, Yule V, Syddall HE, Dennison EM, Cooper C, Aihie Sayer A. Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. Gerontology. 2006;52(3): 154-59.

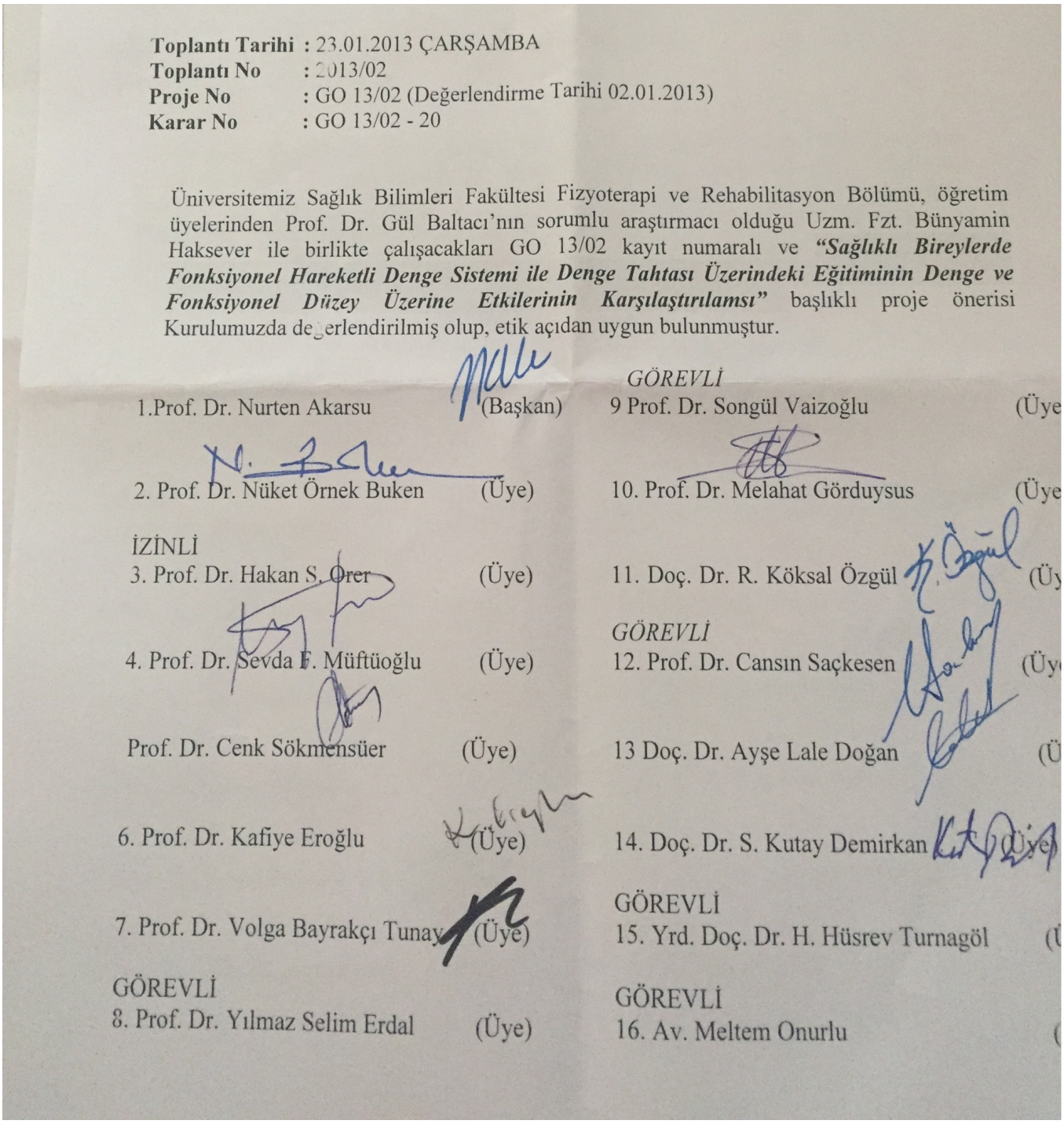
98. McGrath TM, Waddington G, Scarvell JM, Ball N, Creer R, Woods K, et al. An Ecological Study of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction, Part 2: Functional Performance Tests Correlate With Return-to-Sport Outcomes. Orthop J Sports Med. 2017;5(2): 2325967116688443.

99. Bird SP, Markwick WJ. Musculosceletal Screening And Functional Testing: Considerations For Basketball Athletes. Int J Sports Phys Ther. 2016;11(5): 784-02.

100. Meierbachtol A, Rohman E, Paur E, Bottoms J, Tompkins M. Quantitative Improvements in Hop Test Scores After a 6-Week Neuromuscular Training Program. Sports Health. 2017;9(1): 22-29

8.EKLER

EK-1: Tez Çalışması ile İlgili Etik Kurul İzinleri



Toplantı Tarihi : 23.01.2013 ÇARŞAMBA
Toplantı No : 2013/02
Proje No : GO 13/02 (Değerlendirme Tarihi 02.01.2013)
Karar No : GO 13/02 - 20

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, öğretim üyelerinden Prof. Dr. Gül Baltacı'nın sorumlu araştırmacı olduğu Uzm. Fzt. Bünyamin Haksever ile birlikte çalışacakları GO 13/02 kayıt numaralı ve ***"Sağlıklı Bireylerde Fonksiyonel Hareketli Denge Sistemi ile Denge Tahtası Üzerindeki Eğitiminin Denge ve Fonksiyonel Düzey Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılaması"*** başlıklı proje önerisi Kurulumuzda değerlendirilmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

1.Prof. Dr. Nurten Akarsu (Başkan)

2. Prof. Dr. Nüket Örnek Buken (Üye)

İZİNLİ
3. Prof. Dr. Hakan S. Orer (Üye)

4. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu (Üye)

Prof. Dr. Cenk Sökmensüer (Üye)

6. Prof. Dr. Kafiye Eroğlu (Üye)

7. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay (Üye)

GÖREVLİ
8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal (Üye)

GÖREVLİ
9 Prof. Dr. Songül Vaizoğlu (Üye

10. Prof. Dr. Melahat Görduysus (Üye

11. Doç. Dr. R. Köksal Özgül (Üy

GÖREVLİ
12. Prof. Dr. Cansın Saçkesen (Üy

13 Doç. Dr. Ayşe Lale Doğan (Ü

14. Doç. Dr. S. Kutay Demirkan (Üye)

GÖREVLİ
15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl (

GÖREVLİ
16. Av. Meltem Onurlu (

EK 2: Tez Çalışması ile İlgili Bildiriler ve Yayınlar

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi 2017:4(3): 40-49 Özgün Araştırma

SAĞLIKLI BİREYLERE STANDART DENGE EĞİTİMİNİN DİNAMİK, STATİK DENGE VE FONKSİYONELLİK ÜZERİNE ETKİLERİ

Bünyamin HAKSEVER[1], İrem DÜZGÜN[2], Deniz YÜCE[3], Gül BALTACI[4]

[1]Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara
[2]Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara
[3] Hacettepe Üniversitesi Kanser Enstitüsü, Preventif Onkoloji Anabilim dalı,
[4]Özel Güven Hastanesi, Ankara

ÖZET

Amaç: Son on yıldan beri uygulanan birçok rehabilitasyon programında, denge ve fonksiyonel antrenman programı, rehabilitasyonun vazgeçilmez unsurlarından biridir. Literatüre göre, rehabilitasyon programlarında uygulanan denge eğitiminin bireyin dengesini ve pozisyonel hissini geliştirip, düşme oranını azaltmaktadır, dolayısıyla tekrar yaralanmaların önlenmesinde etkili olduğu belirtilmektedir. Çalışmanın amacı 8 haftalık standart denge ekipmanları ile yapılan denge eğitiminin, statik ve dinamik denge üzerine etkilerini araştırmaktır. **Gereç ve Yöntem:** Çalışmaya 18 sağlıklı erkek birey (yaş X±SD: 23,7±2,8yıl, vücut kütle indeksi X±SD: 22,4±2,6 kg/cm^2) çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya dahil edilen bireylere standart denge ekipmanları kullanılarak denge eğitimi uygulandı. Bütün bireyler haftada 3 gün olmak üzere, 8 hafta süreyle denge eğitimi aldı. Bireylerin dengeleri eğitim öncesi ve sonrası değerlendirildi. Statik denge, Flamingo denge testi (FDT) ile, dinamik denge Y denge testi (YDT) ile, fonksiyonel parametreler ise, Tek bacak sıçrama (TBS) ve Fonksiyonel uzanma testi (FUT) ile değerlendirildi. Verilerin istatistiksel analizi Wilcoxon testi ile yapıldı. **Bulgular:** 8 haftalık denge eğitimi sonrasında YDT posteriomedial (p=0,008) posteriolateral (p=0,001) yönlerde ayrıca FDT (p=0,005), FUT (p=0,142) ve TBS testinde (p=0,043) istatistiksel olarak anlamlı gelişme görülürken, YDT'nin anterior yönünde anlamlı bir gelişme gözlemlenmedi (p=0,210). **Sonuç:** Standart denge ekipmanları ile uygulanan denge eğitimi ile sağlıklı bireylerde, dinamik, statik denge ve fonksiyonel parametrelerin geliştirilmesinde kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Statik denge, dinamik denge, eğitim, rehabilitasyon.

EFFECTS OF BALANCE BOARD TRAINING ON DYNAMIC, STATIC BALANCE AND FUNCTIONALITY ON HEALTHY SUBJECTS

ABSTRACT

Purpose: Balance and functional training are indispensible part of rehabilitation programs, in the most of rehabilitation programs for the last 10 years, According to the literature, balance training may develop balance of patient and decrease falling of patients, so stated that it is effective in prevent re-injury. The aim of this study is to evaluate the effects of standard balance equipment training on dynamic and static balance on healthy subjects. **Method:** 18 healthy men (age X±SD:23,7±2,8yrs, BMI X±SD:22,4±2,6 kg/cm2) were included into this study. All of the subjects were included in balance training program with standard balance equipment. All of the subjects went through balance training for 3 times in 8 weeks and were evaluated before and after balance training. Static balance were evaluated with Flamingo Balance test (FBT), whereas dynamic balance were evaluated by using Y Balance Test (YBT), further, fuctional parameters were assessed by Single leg hop (SLH) and functional reach test (FRT) at beginning of training and 8th weeks. Mann Whitney U test was used for statistical analysis of research. **Results:** After 8 weeks balance training, there were significant difference regarding to results of posteriomedial parameters (p=0,008) and posteriolateral parameters (p=0,001) of the YBT and also FBT (p=0,005), SLH (p=0,043) and FRT (p=0,142). There were no significant difference regarding to results of anterior parameters of

İletişim/Correspondence:
Bünyamin Haksever
Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, ANKARA
E-posta: yasbun@hotmail.com
Geliş tarihi/Received: 27.11.2017
Kabul Tarihi/Accepted: 21.12.2017

the YBT (p=0,210). **Conclusion:** This study illustrated that balance training with standard balance equipment may used for development of dynamic, static balance and functional parameters for healthy subjects.

Key Words: Static balance, dynamic balance, training, rehabilitation.

GİRİŞ

Denge; görsel, vestibular ve pozisyon hissinden (propriosepsiyon) gelen duyular ile motor ve kognitif fonksiyonların entegrasyonunu içermektedir (1,2). Dengenin sağlanmasında kinetik zincir boyunca koordine hareketler yoluyla kontrol edilen kalça, diz ve ayak bileği eklem hareketleri önemlidir (3-5). Bu hareketler sporla ilişkili hareketlerin akıcılığını oluşturmakta da görev yapar. Denge statik bir süreç olarak düşünülmesine rağmen, gerçekte pek çok nörolojik yolu içeren dinamik süreçler bütünüdür (1,3,4).

Dengenin ve dinamik postüral kontrolün birçok sportif becerinin başarılı sergilenmesinde, yön değiştirmede, durmada, başlamada, nesneyi hareket ettirmede, vücudun belli pozisyonda korunmasında ve günlük yaşam aktivitelerinde önemli roller aldığı bilinmektedir (1-3,5-7). Dolayısı ile denge eğitimi ile birlikte özellikle son dönemlerde fonksiyonel antrenman eğitimi oldukça popüler olarak uygulanmaktadır (1,2-4,7-8).

Günümüzde uygulan birçok rehabilitasyon programında artık denge ve fonksiyonel antrenman programı, rehabilitasyonun vazgeçilmez unsurlarından biridir (1-4,9). Bu antrenman ve rehabilitasyon programları hastanın algısını ve pozisyonel hissini geliştirip tekrar yaralanma riskini azaltmak için denge ve propriosepsiyon egzersizlerini içermelidir (8-9). Bütün fonksiyonel aktiviteler sırasında doğru hareket açığa çıkarmak ve postür düzgünlüğünü sağlamak için duyusal olarak aldığımız uyarıları, doğru motor hareketlere çevrilmesi gerekmektedir (4-7). Bunun için postür düzgünlüğünü ve dengeyi sadece sabit pozisyonda sağlamak yeterli değildir. Aynı zamanda bir hareketten başka bir harekete geçerken de kaliteli ve fonksiyonel dengeyi sürdürüp, postürü ayarlamak gereklidir (1). Travma veya cerrahi (4,5), inme (6,7) veya yaşlılıkta (3,8) denge, koordinasyon ve pozisyon hissinde ciddi kayıplar açığa çıkmaktadır. Bu kayıplar sonrasında bireylerin düşme veya tekrar sakatlanma riski artmaktadır. Özellikle bu tür problemler sonrası rehabilitasyonda denge ve propriosepsiyon eğitimi vazgeçilmez bir unsurdur (1,2,5,9). Son dekatta rehabilitasyon alanında uygulanan denge eğitiminin fonksiyonel ve dinamik olması gerektiği belirtilmektedir (1,4-6,10). Günümüzde kullanılan denge sistemlerinde genel prensip ayaklar sabit yer temas yüzeyi üzerinde denge sağlamaya yöneliktir. Bu egzersizler *BOSU* (4), stabilite eğitim materyalleri (4) gibi yumuşak yüzeyler veya wobble board (1,9), rocker board (4,5) ve Nintendo wii (8,10) gibi oyun konsolları ile uygulanmaktadır.

Literatürde yaralanma sonrası rehabilitasyon programlarında uygulanan denge eğitiminin olumlu etkileri belirtilmiştir (1-4,11-13,). Ancak bu gelişimin zaman içerisinde etkilenen dokuların iyileşmesine bağlı olarak mı geliştiği yoksa verilen eğitim ile dengeyi sağlayan parametrelerin mi geliştiğini gösteren çalışmaya rastlanmamıştır. Sağlıklı bireylerde, bilinen denge problemi olmayan kişilerde, verilen eğitim ile denge parametreleri ve fonksiyonelliğin geliştirilmesinin eğitimin etkisini gösterebileceği düşünülmektedir.

Çalışmamızın amacı; sağlıklı bireylerde standart denge eğitimi olarak tanımlanan *BOSU* ve denge tahtaları ile uygulanan 8 haftalık fonksiyonel ve dinamik denge eğitiminin statik, dinamik denge ve fonksiyonellik üzerine etkinliğinin gösterilmesidir.

YÖNTEM

Çalışmaya haftada en az 3 gün 60 dk egzersiz antrenmanı yapan 21 sağlıklı erkek birey dahil edildi. Sağlıklı olma kriterleri olarak; dinlenik kalp atım hızı 50-90 atım/dk arasında bulunan herhangi bir hastalık veya sağlık problemi geçirmemiş olmak ve düzenli egzersiz yapmış bireyler arasından belirlendi (14). Ön değerlendirme sonrası çalışmaya dahil edilme kriterlerine uyan 18 birey belirlendi ve çalışma bu sayıyla tamamlandı. Bireylere, çalışmanın amacı anlatılarak değerlendirme yöntemleri ve testler hakkında bilgi verildi. Ayrıca çalışmaya dahil edilen bütün bireylere, onam formu imzalatılıp, bütün bireylerin çalışmaya kendi istekleri ile katılımları sağlandı. 18 yaş altında olan bireylerin ebeveynlerinden onamları alındı. Çalışmanın yapılabilmesi için gerekli etik kurul onayı GO 13/02 kayıt numarası ile X Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar etik kurulundan alındı. Ayrıca X Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından THD-2016-8687 kayıt numaralı doktora tezi hızlı destek projesi olarak desteklendi. Bireylerin çalışmaya dahil edilme ve dahil edilmeme kriterleri aşağıdaki gibidir:

<u>Çalışmaya dahil edilme kriterleri;</u>

- Sağlıklı gönüllü bireyler
- 16-32 yaş arasında olan,
- Son 6 ay içinde herhangi bir alt ekstremite yaralanması geçirmeyen,
- Herhangi bir kronik alt ekstremite ağrısı olmayan,
- Herhangi bir alt ekstremite cerrahisi geçirmeyen,

<u>Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri;</u>

1. Çalışmaya devam etme ve egzersizleri uygulama sırasında isteksiz olan,
2. Sistemik ve nörolojik problemi olan,
3. Eğitim programına düzenli devam etmeyen,
4. Üst üste en az 3 eğitimini aksatan,
5. Çalışma süresi boyunca herhangi bir alt ekstremite yaralanması geçiren.

Çalışmaya dahil edilen bireylerin ayrıntılı hikayeleri alınarak, yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı, meslek, özgeçmiş, soygeçmiş, sigara kullanımı, yaralanma geçmişi kaydedildi.

Çalışmaya dahil edilen 18 bireye 3 gün/hafta 45-60 dk/seans olarak belirlenen 8 haftalık denge eğitim programı uygulandı.

Eğitim programı

Bireylere uygulanan egzersiz programı için, literatürde denge eğitimi için yaygın şekilde kullanılan Denge tahtası, *BOSU*, *wobble board* ve yumuşak yüzeyler kullanıldı (8,11-15).

0-2 hafta (başlangıç seviyesi)

- Yumuşak zeminde yürüyüş (10 dk)
- Çift bacak çömelme (10 tekrar X 3 set)
- *BOSU* üzerinde durma (20 sn duruş, 10 sn dinlenme X 10 tekrar)
- Farklı zeminlerde ağırlık aktama (10 dk)
-

2-4 hafta (Orta seviye ve fonksiyonel hareketlerle kombine)

- *BOSU* üzerinde koşma (20 sn koşu, 10 sn dinlenme X 10 tekrar
- *Lunge* hareketi (10 tekrar X 3 set)
- *Wobble board* üzerinde top tutma (10 dk)
- Farklı zeminlerde hafif sıçrama (8 dk)

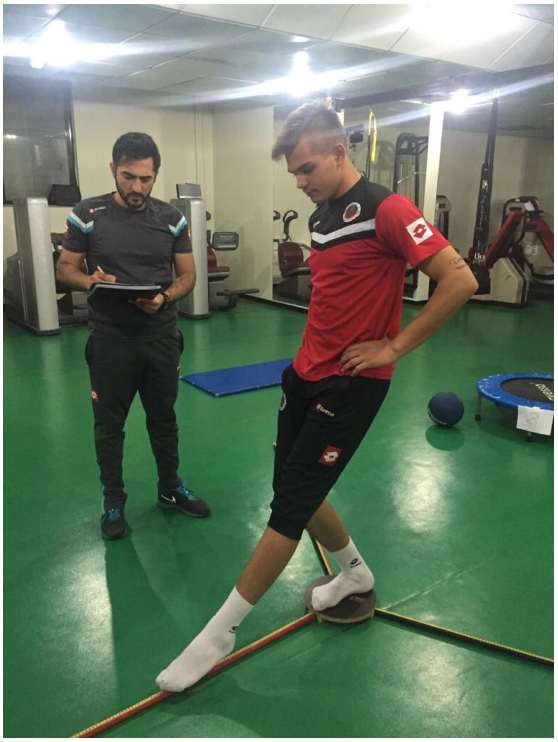
4-8 hafta (Zor seviyede ve birçok egzersizin kombinasyonu)

- *BOSU* üzerinde tek bacak durma (20 sn duruş, 10 sn dinlenme X 10 tekrar)
- Gözler kapalı durma (10 sn duruş, 10 sn dinlenme X 10 tekrar)
- *Wobble board* üzerinde tek bacak top tutma (10 tekrar X 3 set)

- *BOSU* üzerinde dikey zıplama (8 tekrar X 3 set)

Belirtilen bütün testler Eğitim öncesi ve 8 haftalık eğitim sonrası bireylerin dinamik denge, statik denge ve fonksiyonel performansın belirlenmesi için değerlendirildi.

Y denge testi (YDT): Bireylerin dinamik dengesi YDT ile değerlendirildi (16). Testin geçerlilik güvenilirliği Plisky ve arkadaşları tarafından, ICC aralığı intrarater 0,85-0,91 ve interrater aralığı 0,99-1,00 olarak belirlenmiştir (16). Testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireylere açıklandı ve öğretildi. Bireylerin dominant ekstremiteleri üzerinde uzanma miktarları ölçüldü. Bireyden test düzeneğinin orta noktasında tek ayak üzerinde durarak diğer ayağı ile anterior, posteromedial ve posterolateral yönlere doğru dengesini koruyarak ayak parmak ucu ile dokunması istendi. Test her yöne 3 kez tekrar edilip ortalaması alınarak ve cm cinsinden kaydedildi (Resim 1a).



Resim 1a: Y denge testi

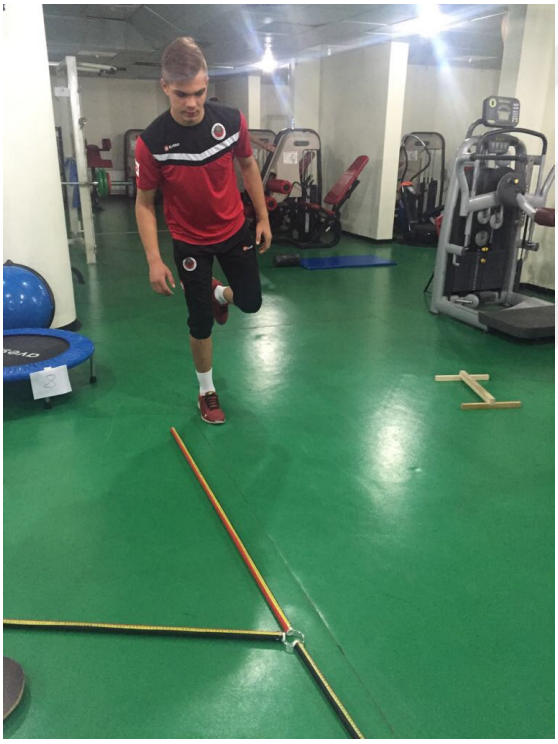
Flamingo denge testi (FDT): Bireylerin statik dengesi FDT ile değerlendirildi. Tsigilis ve arkadaşları testin geçerlilik ve güvenilirliğini ICC oranını 0,71 olarak belirlemiştir (17). Test bireyin dominant ekstremitesi üzerinde uygulandı. Öncelikle testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireylere açıklandı. Birey literatürde belirtilen ölçülerde hazırlanan, 15 cm uzunluğundaki, 4 cm genişliğindeki tahta plaka üzerinde dengede durmaya çalışırken, 1 dakika içinde kaç defa düştüğü hesaplandı (17). Bu süre içinde her düşme esnasında kronometre durdurularak tekrardan bireyin pozisyon alması beklendi (Resim 1b).



Resim 1b: Flamingo denge testi

Tek bacak sıçrama testi (TBS): Bireylerin alt ekstremite fonksiyonel performansı TBS testi ile değerlendirildi (18). Sawle ve arkadaşları tek bacak sıçrama testi geçerlilik ve güvenilirliği ICC oranını 0,85

olarak belirlenmiştir [18]. Öncelikle testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireylere açıklandı. Test dominant ekstremite üzerinde yapıldı. Birey dominant bacağı üzerinde dururken, diğer bacağı dizden bükülü pozisyonda öne doğru sıçraması istendi ve parmak ucu ile ulaştığı nokta işaretlendi. Sıçrama mesafesi mezura ile santimetre cinsinden ölçüldü. Test ve 3 kez tekrarlandı ve ortalama değer alındı (Resim 1c).



Resim 1c: Tek bacak sıçrama testi

Fonksiyonel uzanma testi (FUT): Bireyin fonksiyonel olarak hem dengesini için hem de dinamik uzanma miktarını ölçmek için uygulandı (19). Lin ve arkadaşları tarafından geçerlilik ve güvenilirliği ICC oranı 0,87 olarak belirlenmiştir (19). Bireyden ilk olarak kolunu düz olarak öne doğru uzatması istendi ve uzandığı mesafe kaydedildi. Daha sonra topukları yerden kalkmadan öne uzanabildiği kadar uzanması istendi. Dengesini kaybetmeden ve uzanabildiği ve eski pozisyonuna dönebildiği maksimum değer ölçüldü. Bu uygulama 3 kez tekrarlanarak, bu üç değerin ortalaması alındı.

İstatistiksel Analiz

Çalışmadaki istatistiksel analizler için "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS) Versiyon for IBM, 22.0 (SPSS inc., Chicago, IL, ABD) programı kullanıldı. Normal dağılıma uymayan değişkenler için ortanca ve çeyrekler arası aralık (ÇAA) olarak %25-75 yüzdelik dilim değerleri kullanıldı. Çalışma grubundaki haftalar arasındaki fark non-parametrik bağımlı gruba sahip olan dinamik denge ölçümü, statik denge ölçümü ve fonksiyonel performans testleri için Wilcoxon testi kullanıldı. Çalışmada $p<0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Çalışmanın örneklem büyüklüğü hesabı yapıldı. Çalışmada denge tahtasında verilen eğitimin, sonrasında sağlanan artışın çalışma öncesine göre etki büyüklüğü 0.8 olarak hesaplandığında %80 power için 15 kişi alınmasının yeterli olacağı hesaplandı.

BULGULAR

Çalışmaya dahil edilme kriterlerini yerine getiren ve çalışmaya alınan 18 bireyinin demografik bilgileri Tablo 1'de gösterildi.

Verilen denge eğitimi sonrası dinamik dengenin değerlendirildiği YDT'de posteriomedial (p=0,014) ve posterolateral yönlerde (p=0,001) gelişme görülürken, anterior yönde bir gelişme görülmedi (p=0,210). Statik denge testi olan FDT'de gelişim gözlendi (p=0,005). Fonksiyonelliğin değerlendirilmesi için kullanılan TBS testinde (p=0,043) istatistiksel olarak anlamlı gelişme görülürken, FUT testinde istatistiksel olarak anlamlı bir gelişme görülmedi (p=0,142) (Tablo 2).

Tablo 1. Bireylerin demografik özellikleri

	Denge eğitimi (n:18) **X±SS (Min-Maks)**
Yaş (yıl)	23,7±2,8 (20-29)
Boy Uzunluğu (cm)	176,1±5,7 (169-176)
Vücut ağırlığı (kg)	70,8±6,7 (58-82)
Vücut kütle indeksi (kg/m^2)	22,4±2,6 (17-26)

Tablo 2. Eğitim öncesi ve 8 haftalık eğitim sonrası değerlendirme sonuçları

	Eğitim öncesi (n:18) Ortanca (ÇAA)	**Eğitim sonrası (n:18) Ortanca (ÇAA)**	**p değeri**
Y testi anterior (cm)	74,1 (70-76)	74,5 (72-78)	0,210
Y testi posteriomedial (cm)	85,5 (83-89)	89,5 (83-92)	**0,008**
Y testi posteriolateral (cm)	87,5 (85-92)	92,5 (89-95)	**0,001**
Tek bacak sıçrama (cm)	196,5 (187-205)	198,0 (188-210)	**0,043**
Flamingo denge (düşme sayısı)	9,5 (8-13)	8,0 (6-10)	**0,005**
Fonksiyonel uzanma (cm)	114,0 (106-117)	115,5 (109-120)	0,143

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bireylere uygulanan 8 haftalık denge eğitimi sonucunda dinamik dengenin posteriomedial ve posteriolateral

parametresi, statik denge ve fonksiyonel parametreler yönünden TBS'de anlamlı bir gelişme görülürken, YDT'nin anterior parametresinde ve FUT'ta herhangi bir anlamlı gelişme görülmedi.

Dinamik denge rehabilitasyonun vazgeçilmez unsurlarından biridir (13,15,20,21). Çünkü yaralanmalar sonrasında eklem pozisyon hissi değişimi ile birlikte dinamik dengede kayıplar meydana geldiği belirtilmektedir (3,20). Bruno ve arkadaşlarının dinamik denge programlarının yaralanma risklerini önlemek için mutlaka rehabilitasyon ve antrenman programlarına eklenmesi gerektiğini belirtmektedirler (22).

Diz cerrahisi sonrası veya ayak bileği yaralanması rehabilitasyon programlarında kullanılan fonksiyonel antrenmanların olumlu etkiler gösterdiği, bununla beraber denge eğitimleri ile tek bacak durma, fonksiyonel öne uzanma testlerinde gelişme olduğu gösterilmiştir (3,5,8,21). Sağlıklı bireylere uyguladığımız denge eğitimi sonrası fonksiyonel testler ve tek bacak durma performans üzerine anlamlı etki bulundu. Çalışmamızda sağlıklı ve aktif bir gruba denge eğitimi verildi. Amacımız denge kaybı olmayan bireylerde de bu eğitim ile denge parametrelerinin geliştirilip geliştirilemediğinin gösterilmesiydi. Çalışmanın sonucunda denge kaybı olmayan bireylerde verilen eğitim ile statik ve dinamik denge parametrelerinde gelişim görüldü. Özellikle alt ekstremite yaralanmaları sonrası dengede kaybın olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (8,12,21). Birçok çalışmada da verilen denge eğitimi ile bu parametrelerin geliştirilebildiği gösterilmiştir. Bu değişimin ağrı, kas kuvveti, proprioseptif duyu gibi parametrelerde ki iyileşmeye bağlı olarak gelişme gösterdiği düşünülmektedir (3,8). Bu parametreler dengenin sağlanmasında önemli belirleyicilerdendir. Sağlıklı bireylerde bu parametrelerde bir kaybın olmamasına rağmen dinamik ve statik denge parametrelerinde artış olması, rehabilitasyonun dışında da sağlıklı yaşam ve yaralanmaların önlenmesi için kullanılabileceğini göstermektedir.

Ayrıca bir çok cerrahi öncesi yapılan çalışmalar, cerrahi sonrası açığa çıkacak kas zayıflığında geri dönüşü arttırarak, cerrahi sonrasında sahaya veya günlük hayata dönüşü hızlandırdığını belirtmişlerdir. Wang ve arkadaşlarının 1492 cerrahi öncesi hastaya üzerinde yaptıkları derlemede, bireylere uygulanan denge ve fonksiyonel antrenman programlarının, bireylerin fonksiyonlarını arttırarak, günlük aktivitelerine dönüş sürelerini kısalttıklarını belirtmektedirler. Ayrıca uygulanan denge eğitiminin aynı zamanda fonksiyonda anlamlı artışlar sağladığını belirtmişlerdir (23). Bu çalışma, bizim çalışmamızı paralellik göstermektedir. Ayrıca sadece cerrahi sonrası uygulanacak denge ve fonksiyonel kuvvetlendirme antrenmanlarının yanı sıra, sağlıklı bireylerde de uygulanacak programların, bireylerin denge ve fonksiyonelliklerini arttırdıkları çalışmamızda gösterilmiştir

Çalışmamızda uyguladığımız bütün eğitim programları literatürde bulunan programlardan baz alınarak, literatürde kullanılan ve denge eğitimi üzerine belirlenmiş ekipmanlar ile oluşturuldu (5,8,9,11-13,15,21). Leavey ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada 6 hafta boyunca denge tahtası, *wobble board* kullanılarak verilen denge eğitimin, propriosepsiyon programlarıyla kombine halde uygulanmasının standart kuvvetlendirmelere göre daha etkili olduğunu belirtmişlerdir (24). Bu çalışma, kullanılan denge ekipmanları ve egzersiz programı yönünden aynı mekanizmalar kullanılmıştır. Strom ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada da *BOSU, wobble board* ve yumuşak yüzeyler kullanılması ve birey sayısı yönünden çalışmamızla paralellik göstermektedir (25). Çalışmanın sonuçları bakımından, çalışmada uygulanan eğitim programının etkinliğinin, ayak bileği çevresi kassal aktivasyonu arttırması ile ilgili olabileceğini düşünmekteyiz.

Linek ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada denge değerlendirmesinde YDT testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, genç ve yetişkin atletler üzerinde, dinamik dengenin ölçülmesi için kullanılmakla beraber, genç yetişkinlerde kullanımı önerilmiştir (26). Çalışmamızda YDT'nin posteriomedial ve posteriolateral parametrelerde artış görülürken anterior parametrede gelişme göstermemiştir. Çalışmamızda, Linek ve arkadaşlarının belirttikleri şekilde, bireyler tek ayak üzerinde denge eğitimi esnasında yerle temasta olmayan ekstremitelerini vücutlarına yakın tutarak dengelerini sağlamaya çalışmaktadırlar. Bu durum hedef hareket alanını küçültmektir. Ayrıca posteriomedial ve posteriolateral parametrelerde bireyler *wobble board* ve *BOSU* üzerinde yan uzanımlara ve lateral salınım eğitimlerine, öne uzanıma göre daha fazla izin verdiği için bu yöndeki test parametrelerinde anlamlı bir değişim görülürken, anterior parametrede görülmediği düşünülmektedir. Ayrıca öne doğru uzanımlar, kullanılan denge ekipmanları ile yeterince çalışılmaya müsaade etmediği ve daha zor olduğu için çalışma sonucunda dinamik denge programının anterior uzanımı üzerine etki göstermediği düşünülmektedir. Bu çıkarımla ileri uzanımları daha fazla aktif edebilecek ve farklı hareket yönlerine de müsaade edilecek ekipmanlara ihtiyaç olduğunu düşünülmüştür.

Uygulanan çalışmanın statik denge üzerine değişim göstermesinin, uygulanan denge eğitimlerin ve denge ekipmanlarının dinamik denge egzersizlerini içermelerine rağmen statik dengeyi etkileyici egzersizler içermesinden dolayı olabileceği düşünülmektedir. Statik denge, vücudun yerle temas yüzeyi sabitken verdiği reaksiyonu belirtir (27). Statik denge parametreleri de proprioseptif girdi ve vücut statiğini sabit tutmayı amaçlarken aynı zamanda verilen fonksiyonel egzersizlerde de aynı parametreleri içerdiğinden dolayı, statik dengede de anlamlı sonuçlar elde edildiği düşünülmektedir. Ancak sağlıklı ve aktif bireyler için daha ileri eğitimlere ihtiyaç olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan eğitim ekipmanları ve egzersiz türleri literatürde fonksiyonel antrenman olarak belirtilmektedir (3,4,7,9,12,20). Oliver ve arkadaşlarını yaptıkları çalışmada uygulanan denge ekipmanları bakımından fonksiyonel hareketlere ve egzersizlere izin verdiği için fonksiyonel denge eğitimi tanımını kullanmışlardır. Bu nedenle uygulanan 8 haftalık eğitim programının aynı zamanda fonksiyonel parametrelerde de artış gösterebileceği düşünülmektedir (9). Fonksiyonel aktivitelerde performansın sağlanması bireyin dinamik dengesi ile ilişkilidir (2,4,8,12). Kişilerin dinamik dengesinin artırılmasının günlük yaşam aktiviteleri ve sportif performansın geliştirilmesinde önemli olduğu gösterilmiştir (9,14). Sağlıklı bireylerde verilen denge eğitimi ile fonksiyonel testlerde gelişimin gösterilmesi nedeniyle günlük yaşam aktiviteleri ve sportif performansın artırılmasında kullanılabileceği belirtilmektedir (9,10,24).

Literatürdeki birçok çalışma sağlıklı bireylerde egzersiz uygulanmasının öneminden bahsetmektedir (2,4,14). Ayrıca sağlıklı bireylerde uygulanan denge eğitiminin bireylerin düşme sayısını azaltıp, aynı zamanda kişilerin kuvvet ve performansını arttırdığını belirten çalışmalar bulunmakla beraber (20), bunun aksine sağlıklı bireylerde denge antrenmanlarının etkinliği bulunmayan çalışmalar da mevcuttur (22,23,28). Özellikle bu egzersiz programlarının yaş, cinsiyet, daha önceki yaralanma hikayeleri, spor hikayeleri gibi değişken birçok parametreye bağlı olduğu için hala sonuçlar tartışmalıdır. Çalışmamızda fonksiyonel ve denge egzersizlerinin belirli bir yaş grubundaki ve aynı cinsiyet ve aynı

dominant bacağa sahip sağlıklı bireyler üzerine uygulanarak etkinliği gösterildi.

Çalışmamızda bulunan birey sayısının kısıtlı oluşu, çalışmada aynı gruptaki haftalara göre karşılaştırılmasına rağmen, başka bir kontrol grubunun bulunmaması ve daha uzun süreli olarak çalışmanın uygulanmamış olması bu çalışmanın limitasyonlarını oluşturmaktadır.

Bu çalışmanın sonucuna göre 8 haftalık standart denge ekipmanları ile uygulanan denge eğitimi sonrası dinamik, statik dengede ve fonksiyonel parametrelerde uygulama sonrasının lehine artış ve fark bulunmuştur. Bu eğitim programının sağlıklı bireylerde denge parametrelerinin ve fonksiyonelliğin geliştirilmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Howe TE, Rochester L, Jackson A, Banks PM, Blair VA. Exercise for improving balance in older people. Cochrane Database Syst Rev. 2007; 17(4):CD004963.

2. Rugelj D. The effect of functional balance training in frail nursing home residents. Arch Gerontol Geriatr. 2010; 50(2): 192-97.

3. McKeon PO, Ingersoll CD, Kerrigan DC, Saliba E, Bennett BC, Hertel J. Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. Med Sci Sports Exerc. 2008; 40(10): 1810-19.

4. Gonçalves DFF, Ricci NA, Coimbra AMV. Functional balance among older adults from the community. Rev Bras Fisioter. 2009; 13(4):316-23.

5. Liao CD, Liou TH, Huang YY, Huang YC. Effects of balance training on functional outcome after total knee replacement in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. Clin Rehabil. 2013; 27(8): 697-709.

6. Diracoglu D, Aydin R, Baskent A, Celik A. Effects of kinesthesia and balance exercises in knee osteoarthritis. J Clin Rheumatol. 2005;11(6): 303-10.

7. Galeano, D, Brunetti F, Torricelli D, Piazza S, Pons JL. A tool for balance control training using muscle synergies and multimodal interfaces. Biomed Res Int. 2014; doi: 10.1155/2014/565370.

8. Baltaci G, Harput G, Haksever B, Ulusoy B, Ozer H. Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, randomized, controlled, double-blind clinical trial. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013; 21(4): 880-7

9. Oliver GD, Di Brezzo R. Functional balance training in collegiate women athletes. J Strength Cond Res. 2009; 23(7): 2124-9.

10. Son SM, Park MK, Lee NK. Influence of Resistance Exercise Training to Strengthen Muscles across Multiple Joints of the Lower Limbs on Dynamic Balance Functions of Stroke Patients. J Phys Ther Sci. 2014; 26(8): 1267-9.

11. Walaszek R, Chwała W, Walaszek K, Burdacki M, Błaszczuk J. Evaluation of the accuracy of the postural stability measurement with the Y-Balance Test based on the levels of the biomechanical parameters. Acta Bioeng Biomech. 2017; 19(2): 121-8.

12. Michell TB, Ross SE, Blackburn JT, Hirth CJ, Guskiewicz KM. Functional balance training, with or without exercise sandals, for subjects with stable or unstable ankles.. J Athl Train. 2006; 41(4): 393-8.

13. Oddsson LI, Karlsson R, Konrad J, Ince S. A rehabilitation tool for functional balance using altered gravity and virtual reality. J Neuroeng Rehabil. 2007; 10: 4-25.

14. Breithaupt-Groegler K, Coch C, Coenen M, Donath F, Erb-Zohar K, Francke K, et al. Who is a 'healthy subject'? consensus results on pivotal eligibility criteria for clinical trials. Eur J Clin Pharmacol. 2017; 73(4): 409-16.

15. Lephart SM, Princivero DM, Giraldo JL, Fu Fh. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. Am J Sports Med. 1997; 25: 130-7.

16. Plisky PJ, Gorman PP, Butler RJ, Kiesel KB, Underwood FB, Elkins B. The Reliability of an Instrumented Device for Measuring Components of the Star Excursion Balance Test. N Am J Sports Phys Ther. 2009; 4(2): 92-9.

17. Tsigilis N, Douda H, Tokmakidis SP. Test-retest reliability of the Eurofit test battery administered to university students. 2002; 95(3): 1295-300.

18. Sawle L, Freeman J, Jonathan Marsden J. Intra-rater reliability of the multiple single-leg hop-stabilization test and relationships with age, leg dominance and training. Int J Sports Phys Ther. 2017; 12(2): 190–8.

19. Lin YH, Chen TR, Tang YW, Wang CY. A reliability study for standing functional reach test using modified and traditional rulers. Percept Mot Skills. 2012; 115(2): 512-20.

20. Zhao Y, Chung PK, Tong TK. Effectiveness of a balance-focused exercise program for enhancing functional fitness of older adults at risk of falling: A randomised controlled trial. Geriatr Nurs. 2017; 01(17): 4572-97

21. Zhang X, Hu M, Lou Z, Liao B. Effects of strength and neuromuscular training on functional performance in athletes after partial medial meniscectomy. J Exerc Rehabil. 2017; 13(1): 110-6.
22. Bruno P. The use of "stabilization exercises" to affect neuromuscular control in the lumbopelvic region: a narrative review. J Can Chiropr Assoc. 2014; 58(2): 119-30.
23. Wang L, Lee M, Zhang Z, Moodie J, Cheng D, Martin J. Does preoperative rehabilitation for patients planning to undergo joint replacement surgery improve outcomes? A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. BMJ Open. 2016; 6(2): e009857.
24. Leavey V, Sandrey M, Dahmer G. Comparative effects of 6-week balance, gluteus medius strength, and combined programs on dynamic postural control. J Sport Rehab. 2010;19: 268287.
25. Strøm M, Thorborg K, Bandholm T, Tang L, Zebis M, Nielsen K, Bencke J. Ankle joint control during single legged balance using common balance traninig devices - Implications for rehabilitation strategies. Int J Sports Phys Ther. 2016;11(3):388-99.
26. Linek P, Sikora D, Wolny T, Saulicz E. Reliability and number of trials of Y Balance Test in adolescent athletes. Musculoskelet Sci Pract. 2017; 31: 72-5.
27. Gürkan AC, Demirel H, Demir M, Atmaca EŞ, Bozöyük G, Dane S. Effects of Long-Term Training Program on Static and Dynamic Balance in Young Subjects. Clin Invest Med. 2016; 39(6): 27497.
28. Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, Granacher U. Effects of Strength Training Using Unstable Surfaces on Strength, Power and BalancePerformance Across the Lifespan: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Med. 2015; 45(12): 1645-69.

EK 3. Diba Değerlendirme Formu

TARİH

ADI SOYADI:
YAŞ:
BOY:
KİLO:
DOMİNANT BACAK:

YDT	SAĞ			SOL		
ANTERİOR						
POSTERİOLATERAL						
POSTERİOMEDİAL						

FDT	SAĞ	SOL

TBS	SAĞ	SOL
1.TEST		
2.TEST		
3.TEST		

FUT	SAĞ	SOL

EK 4: Patent Hakkı Belgesi



TÜRK PATENT

TÜRK PATENT VE MARKA KURUMU

İNCELEMESİZ PATENT

No: TR 2014 15101 B

Buluş Başlığı

Bir denge sistemi.

Başvuru sahibi

BÜNYAMİN HAKSEVER

Bu patent, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanununun Geçici 1 nci maddesi uyarınca Mülga 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname kapsamında 13/12/2014 tarihinden itibaren 7 yıl süre ile korunmak üzere 21/11/2017 tarihinde incelemesiz olarak verilmiştir

Prof. Dr. Habip ASAN
Başkan

9.ÖZGEÇMİŞ

I-Bireysel Bilgiler

Adi, Soyadi: Bünyamin Haksever

Doğum Tarihi ve Yeri:14.08.1987 Diyarbakir

Uyruğu: Türkiye Cumhuriyeti

İletişim adresi ve Telefonu: FİTLEVEL SAĞLIKLI YAŞAM MERKEZİ, Kızılırmak mahallesi, Ufuk Üniversitesi cad. Next Level Loft Ofis 4/45 Söğütözü-Ankara

Telefon: 0507 690 46 45 E-Mail: yasbun@hotmail.com

II- EĞİTİMİ

YILI	DERECESİ	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI
2012-	Doktora	Hacettepe Üniversitesi	Spor fizyoterapistliği
2010-2012	Yüksek lisans	Hacettepe Üniversitesi	Spor fizyoterapistliği
2005-2010	Lisans	Hacettepe Üniversitesi	Fizyoterapi ve rehabilitasyon

II- Mesleki Deneyimi

GÖREV SÜRESI	ÜNVAN	KURUM
2010-2012	Fizyoterapist	Ankaragücü Spor Kulübü
2012-2013	Fizyoterapist	Elazığspor Kulübü
2013-2016	Fizyoterapist	Gençlerbirliği Spor Kulübü

2016-Halen Fizyoterapist Fitlevel Sağlıklı Yaşam Merkezi

IV-Bilimsel Faaliyetleri:

Yayınları:

* **Haksever B,** Düzgün İ, Yüce D, Baltaci G. Sağlıklı Bireylere Standart Denge Eğitiminin Dinamik, Statik Denge Ve Fonksiyonellik Üzerine Etkileri. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi 2017:4(3): 40-49

* **Haksever B,** Kınıklı Gİ, Bayrakçı Tunay V, Karahan S. Dönmez G. Effect of Kinesiotaping Intervention on Knee Muscle Strength and Delayed Onset Muscle Soreness Pain Following Eccentric Fatigue Training, Turk J Physiother Rehabil. 2015; 27(1):12-18

*Baltaci G, Harput G, **Haksever B**, Ulusoy B, Ozer H. Comparison between Nintendo Wii Fit and conventional rehabilitation on functional performance outcomes after Hamstring Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Prospective, Randomized Controlled Double Blind Clinical Trial: (Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012, DOI 10.1007/s00167-012-2034-2)

* **Haksever B**, Aktas G, Baltacı G:Initial effect of Kinesio taping on performance and balance during soccer: (Medicina dello Sport 2012 june; 65(2):223-34)

* Ulusoy B, **Haksever B** et al: Kıdemliler sağlık turizm merkezi proje önerisi. Turkish Journal of Physiotherapy rehabilitation 2010; 21:75

Aldığı Ödüller:

*EN İYİ POSTER ÖDÜLÜ-6. ULUSAL SPOR FİZYOTERAPİSTLERİ KONGRESİ: 19- 22 EKİM 2011

* EN İYİ 2. ORAL SUNUM-6. ULUSAL SPOR FİZYOTERAPİSTLERİ KONGRESİ: 19-22 EKİM 2011

* EN İYİ ORAL SUNUM-7. ULUSAL SPOR FİZYOTERAPİSTLERİ KONGRESİ: 7-9 KASIM 2013

Projeleri

* HAMSTRİNG OTOGREFTİ İLE ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU SONRASI REHABİLİTASYONDA NİNTENDO Wİİ VE WOBBLE BOARD EĞİTİMİNİN PROPRİOSEPSİYON VE DENGE ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (2011- Hacettepe Üniversitesi Alt Yapı Projesi-FON 11/01)

* SAĞLIKLI BİREYLERDE FONKSİYONEL HAREKETLİ DENGE SİSTEMİ (FMBS) İLE DENGE TAHTASI EĞİTİMİNİN DENGE VE FONKSİYONEL DÜZEY ÜZERİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (2016- Hacettepe Üniversitesi Alt Yapı Projesi-THD-2016-8786)

Katildiği Kurslar:

*APPLİED KİNESİOLOGY 2015- HOLLANDA/ARNHEM

- OSTEOPATİ ENSTİTÜSÜ EĞİTİM (2012-) İSTANBUL
- CHİROPRACTİC TEKNİK (KARYOPRAKSİ) KURSU 28 AĞUSTOS-1 EYLÜL 2013- İSTANBUL
- DORN METHOD 22-23 HAZİRAN 2013- ANKARA
- KLİNİK PİLATES KURSU:7-8 NİSAN , 18-20 MAYIS 2012- ANKARA
- CYRİAX MOBİLİZASYON MANİPULASYON KURSU ALT EKSTREMİTE BÖLGE:12 ŞUBAT 2012- ANKARA
- KİNESİOTAPİNG KURSU: 24 EKİM 2011-ANKARA

- MCMT (MASTER CERTİFİCATE OF MANUEL THERAPY) KURSU: 22-25 EYLÜL 2011-ANKARA
- OSMAN ŞAHİN MOBİLİZASYON MANİPULASYON KURSU SERVİKAL, TORAKAL, LUMBAL BÖLGE: 28-29 MAYIS 2011 4-5 ŞUBAT 2012
- MULLİGAN KURSU:24 MART 2011- ANKARA
- CYRİAX MOBİLİZASYON MANİPULASYON KURSU SERVİKAL BÖLGE:14 OCAK 2011- ANKARA
- CYRİAX MOBİLİZASYON MANİPULASYON KURSU LUMBAL VE SAKRAL BÖLGE:18 ARALIK 2010- ANKARA
- TFF SAĞLIK EĞİTİM PROGRAMI 4. 5. 6. 7. 8. BİLGİ YENİLEME KURSU 22-23 MAYIS 2012, 26-27 ARALIK 2012, 5 HAZİRAN 2013, 6-7 OCAK 2014, 21-22 MAYIS 2014-İSTANBUL

KatildiğI Kongreler

- PATELLOFEMORAL AĞRI SEMPOZYUMU: 24 MAYIS 2014-ANKARA
- SPOR VE BESLENME SEMPOZYUMU: 26 MART 2014-ANKARA
- ULUSLARARASI SPOR TRAVMATOLOJİ VE REHABİLİTASYON KONGRESİ 21- 23 MART 2014- MİLANO
- 7. ULUSAL SPOR FİZYOTERAPİSTLERİ KONGRESİ: 7-9 KASIM 2013-ANKARA
- 60. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE KONGRESİ 29 MAYIS-1 HAZİRAN- INDİANAPOLİS
- 14. DÜNYA AĞRI KONGRESİ: 27-31 AĞUSTOS 2012 Milano-İTALYA
- DÜNYA SPOR TRAVMA VE 7. EFOST KONGRESİ: 17-20 EKİM 2012 –

LONDRA

- 11. TÜRK SPOR YARALANMALARI, ARTROSKOPİ VE DİZ CERRAHİSİ KONGRESİ: 2- KASIM 2012- ANKARA
- 22.ULUSAL ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ KONGRESİ:1-5 KASIM 2011-BELEK
- 1.FİZYOTERAPİ ORTOPEDİ ORTAK SEMPOZYUMU:1-2 KASIM 2011-BELEK
- 6. ULUSAL SPOR FİZYOTERAPİSTLERİ KONGRESİ: 19-22 EKİM 2011-KUŞADASI
- 50.YIL FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON KONGRESİ:7 NİSAN 2011-ANKARA
- TOPLULUK ÖNÜNDE KONUŞMA VE SUNUM TEKNİKLERİ:29 OCAK 2011-ANKARA
- SPOR FİZOTERAPİSTLERİ AYAK-AYAK BİLEĞİ SEMPOZYUMU:8 MAYIS 2010-İZMİR
- KANSER VE FİZYOTERAPİ SEMPOZYUMU:7 NİSAN 2010-ANKARA
- 2. ULUSLARARASI KATILIMLI GERİATRİK FİZYOTERAPİ KONGRESİ:11 KASIM 2009-ANKARA
- 2. ULUSAL FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON KONGRESİ:14 MAYIS 2009- İZMİR
- ULUSLARARASI KATILIMLI V.SPOR FİZYOTERAPİSTLERİ KONGRESİ:22 EKİM 2009- ANKARA
- 12. FİZYOTERAPİDE GELİŞMELER SEMPOZYUMU:6 KASIM 2008-ESKİŞEHİR