

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

FUTBOLCULARDA ALT EKSTREMİTE DİZİLİMİNİN
MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ VE DİZİLİMİN İZOKİNETİK
KUVVET ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ali IŞIN

DOKTORA TEZİ

2022-ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
HAREKET VE ANTRENMAN ANABİLİM DALI

FUTBOLCULARDA ALT EKSTREMİTE DİZİLİMİNİN
MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEME İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ VE DİZİLİMİN İZOKİNETİK
KUVVET ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ali İŞİN

DOKTORA TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

“Kaynakça gösterilerek tezimden yararlanılabilir”

2022-ANTALYA

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı Hareket ve Antrenman Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. 08/11/2022

İmza

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Y. Gül ÖZKAYA
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. B. Utku ALEMDAROĞLU
Pamukkale Üniversitesi

Üye : Doç. Dr. Asuman ŞAHAN
Akdeniz Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Emre AK
Nişantaşı Üniversitesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve/..... sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Melike CENGİZ

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı beyan ederim.

Ali İŞİN

İmza

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimim boyunca beni her zaman destekleyen danışman hocam Doç. Dr. Tuba MELEKOĞLU'na,

Manyetik rezonans ölçümleri için cihazlarının kullanımı konusunda destek olan ATL Sağlık Hizmetleri ve Görüntüleme Ltd. Şirketi'ne,

Manyetik rezonans ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi aşamasında desteklerini esirgemeyen Prof. Dr. Can ÇEVİKOL, Doç. Dr. Özkan KÖSE ve Öğr. Gör. Dr. Emel EMİR YETİM'e,

Sporcu performans değerlendirmesine yönelik ölçümler için cihazlarını ve tesislerini kullanmamıza izin veren Gloria Sports Arena Sporcu Sağlığı & Performans Merkezi'ne,

Gloria Sports Arena Sporcu Sağlığı & Performans Merkezi'nde yapılan ölçümlerinin gerçekleşmesinde değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Emin ERGEN, Dr. Öğr. Üyesi Emre AK ve merkez çalışanlarına,

Antalyaspor Kulübü başkanı Av. Aziz ÇETİN, Antalyaspor yöneticileri, antrenörleri ve sporcularına,

Tezimin ölçümleri esnasında yardımcı olan lisansüstü eğitim arkadaşlarım Yılmaz SUNGUR, Burhan DEMİRKIRAN, Müşerref DEMİR, Gaye MADENCİ, Aylin ABDİOĞLU'na,

Gerek yüksek lisans eğitim süresi boyunca, gerekse araştırma görevliliği ile ilgili işlemlerimde yardımlarını esirgemeyen lisansüstü Sağlık Bilimleri Enstitü personeline,

Son olarak, bugünlere gelmemde büyük emekleri olan ve her zaman desteklerini hissettiğim annem Münevver IŞIN, babam Hamza IŞIN, kız kardeşim Rabia Büşra IŞIN, sevgili eşim Gülşah TEKMİL IŞIN ve kızım Linda IŞIN'a teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın amacı, genu varumlu futbolcularda alt ekstremitte dizilimini manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ile değerlendirmek, yanlış dizilimin altında yatan mekanizmaları ve bunlara katkıda bulunan faktörleri belirlemek ve alt ekstremitte dizilimi ile izokinetik kuvvet arasındaki ilişkiyi araştırmaktır.

Yöntem: 36 elit genç futbolcu tibiofemoral eklem arasındaki mesafe farkına göre genu varum grubu (GVG) ve kontrol grubu (KG) olarak 2 gruba ayrılmıştır. Diz ekstansiyon/fleksiyon ve kalça abduksiyon/adduksiyon izokinetik kuvvet değerleri 60°/sn ve 180°/sn açısal hızlarda test edilmiştir. Alt ekstremitte diziliminin anatomik ölçümleri tam bacak MRG ile elde edilmiştir. Gruplar arasındaki istatistiksel farklılıkları değerlendirmek için bağımsız örneklem *t*-testi uygulanmıştır. Bağımsız değişkenlerin genu varum gelişiminde risk faktörü olup olmadığını belirlemek için lojistik regresyon modeli oluşturulmuştur.

Bulgular: Futbolcularda varus diz dizilimi mekanik aks deviasyonu ve mekanik lateral distal femoral açığı arttırırken, mekanik lateral proksimal femoral açı (mLPFA), medial proksimal tibial açı, lateral distal tibial açı (LDTA) ve diz eklem uyum açısını azalttığı tespit edilmiştir. Dominant bacakta mLPFA'da bir derecelik bir artış, genu varum olasılığını 2.17 kat arttırırken, baskın olmayan bacakta LDTA'da bir derecelik bir artış, genu varum olasılığını 1.90 kat arttırmaktadır.

Sonuç: Futbolcularda genu varum dominant ve dominant olmayan bacaklarda farklı mekanizmalardan kaynaklanmaktadır. Bu araştırma, dominant bacak için femurun ve dominant olmayan bacak için ise tibianın varus diz diziliminin gelişiminde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: alt ekstremitte dizilimi, genu varum deformitesi, manyetik rezonans görüntüleme, izokinetik kuvvet, futbol

ABSTRACT

Objective: The aim of this study was three-fold; i) to evaluate the lower extremity alignments in football players with genu varum by magnetic resonance imaging (MRI), ii) to determine the mechanisms underlying the malalignment and the factors contributing to them, and iii) to investigate the relationship between lower extremity alignment and isokinetic strength.

Method: Thirty-six elite youth football players were divided into two groups as genu varum group (GVG) and control group (KG) considering the tibiofemoral joint distance differences. Knee extension/flexion and hip abduction/adduction isokinetic strength were tested at 60°/sn and 180°/sn. Anatomical measurements of lower extremity alignment were obtained by whole leg MRI. To evaluate the statistical differences between the groups, the independent sample *t*-test was applied. A logistic regression model was constructed to determine whether the independent variables are risk factors in the development of genu varum.

Results: While varus knee alignment increased mechanical axis deviation and mechanical lateral distal femoral angle, it decreased mechanical lateral proximal femoral angle (mLPFA), medial proximal tibial angle, lateral distal tibial angle (LDTA) and knee joint alignment angle. Furthermore, a one-degree increase in mLPFA in the dominant leg increases the genu varum odds by 2.17 times, while a one-degree increase in LDTA in the non-dominant leg increases the genu varum odds 1.90 times.

Conclusion: In football players, the underlying mechanisms of genu varum differs for the dominant and non-dominant legs. This study points out that the femur for the dominant leg and the tibia for the non-dominant leg may play a significant role in the development of the varus knee alignment.

Key words: lower limb alignment, genu varum deformity, magnetic resonance imaging, isokinetic strength, football

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLolar DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	i
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Alt Ekstremitte Anatomisi.....	3
2.1.1. Pelvis ve Kalça Kompleksi	4
2.1.2. Diz Eklemi	7
2.1.3. Ayak Bileği Eklemi.....	10
2.2. Alt Ekstremitte Dizilimi	11
2.2.1. Mekanik ve Anatomik Kemik Eksenleri.....	11
2.2.2. Mekanik Aks Deviasyonu (MAD)	13
2.2.3. Alt Ekstremitte Deformiteleri.....	14
2.2.4. Alt Ekstremitte Dizilim Değerlendirmesi	20
2.2.5. Alt Ekstremitte Deformite Analizi	22
3. GEREÇ ve YÖNTEM.....	24

3.1.	Probleme Deneysel Yaklaşım	24
3.2.	Katılımcılar	26
3.3.	Antropometrik Ölçümler	28
3.3.1.	Boy Uzunluğu	28
3.3.2.	Vücut Ağırlığı	28
3.3.3.	Vücut Yoğunluğu ve Yağ Yüzdesi	28
3.3.4.	Vücut Kütle İndeksi	29
3.4.	Alt Ekstremitte Diziliminin Değerlendirmesi	29
3.4.1.	Mekanik Aks Deviasyonu (MAD) Ölçümü	30
3.4.2.	Mekanik Lateral Proksimal Femoral Açısı (mLPFA) Ölçümü	30
3.4.3.	Mekanik Lateral Distal Femoral Açısı (mLDFA) Ölçümü	31
3.4.4.	Medial Proksimal Tibial Açısı (MPTA) Ölçümü	31
3.4.5.	Lateral Distal Tibial Açısı (LDTA) Ölçümü	32
3.4.6.	Diz Eklem Uyum Açısı (JLCA) Ölçümü	32
3.4.7.	İnterkondiler Mesafe (ICd) Ölçümü.....	33
3.4.8.	İntermalleolar Mesafe (IMd) Ölçümü.....	33
3.4.9.	Kalça-Diz-Ayak Bileği Açısı (HKA) Ölçümü.....	34
3.4.10.	Quadriceps Femoris Açısı (Q Açısı) Ölçümü.....	34
3.4.11.	Tibial Torsiyon (TT) Açısı Ölçümü.....	35
3.4.12.	Femoral Anteversiyon (FA) Açısı Ölçümü.....	35

3.4.13. Tibial Tüberkül-Troklear Oluk (TT-TG) Mesafesi Ölçümü.....	36
3.4.14. Tibial Tüberkül-Arka Çapraz Bağ (TT-PCL) Mesafesi Ölçümü.....	37
3.4.15. Femur uzunluğu (FL)	37
3.4.16. Tibia uzunluğu (TL).....	37
3.4.17. Bacak uzunluğu (LL)	37
3.5. Manyetik Rezonans (MR) Protokolü	38
3.6. İzokinetik Kuvvet Ölçümleri.....	40
3.6.1. Diz Ekstansiyon / Fleksiyon.....	40
3.6.2. Kalça Abduksiyon / Adduksiyon	41
3.7. İstatistiksel Analiz.....	42
4. BULGULAR.....	44
5. TARTIŞMA.....	55
5.1. Futbola Katılım ve Alt Ekstremitte Dizilim İlişkisi.....	57
5.2. Futbolcularda İzokinetik Kuvvet	63
6. SONUÇ ve ÖNERİLER	66
KAYNAKLAR	69
EKLER	78
ÖZGEÇMİŞ	80

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1.	Demografik değişkenler.....	44
Tablo 4.2.	Diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet değerleri	44
Tablo 4.3.	Genu varum ile diz izokinetik kuvvet arasındaki korelasyon.....	46
Tablo 4.4.	Kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet değerleri	46
Tablo 4.5.	Genu varum ile kalça izokinetik kuvvet arasındaki korelasyon	48
Tablo 4.6.	Alt ekstremite diziliminin açı ölçümleri	48
Tablo 4.7.	Alt ekstremite diziliminin mesafe ölçümleri	49
Tablo 4.8.	Alt ekstremite kemik uzunluğu ölçümleri	50
Tablo 4.9.	MRG ölçümleri sınıf içi korelasyonları	50
Tablo 4.10.	Dominant bacak dizilim ölçümleri korelasyonu.....	51
Tablo 4.11.	Dominant olmayan bacak dizilim ölçümleri korelasyonu	52
Tablo 4.12.	Dominant bacak lojistik regresyon model analiz bulguları	53
Tablo 4.13.	Dominant bacak sınıflandırma tablosu	53
Tablo 4.14.	Dominant olmayan bacak lojistik regresyon model analiz bulguları	54
Tablo 4.15.	Dominant olmayan bacak sınıflandırma tablosu	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Alt ekstremitelerin kemikleri ve eklemleri	4
Şekil 2.2.	Cinsiyetlere göre pelvik	5
Şekil 2.3.	Femur boynunun eğim açısı	6
Şekil 2.4.	Eğim açı bozuklukları	7
Şekil 2.5.	Tibiofemoral eklem kemik yapısı.	8
Şekil 2.6.	Q açısı, genu varum ve genu valgum	10
Şekil 2.7.	Kemiklerin mekanik ve anatomik eksenleri.....	12
Şekil 2.8.	Tibia ve Femurun mekanik ve anatomik eksenleri.	13
Şekil 2.9.	MAD ölçümü	14
Şekil 2.10.	Çocuklarda tibiofemoral açının gelişimi.....	15
Şekil 2.11.	Frontal düzlemde dizilim bozukluğu	17
Şekil 2.12.	Genu rekurvatum deformitesinde dizin hareket açıklığı.....	18
Şekil 2.13.	Femoral anteversiyon açısı.....	20
Şekil 2.14.	Dizilim bozukluğu değerlendirilmesi.....	22
Şekil 2.15.	MAD testi aşamaları	23
Şekil 3. 1.	Araştırma takvimi	25
Şekil 3. 2.	Araştırma örneklem grupları.....	26
Şekil 3. 3.	Araştırma dahil edilme süreci	27
Şekil 3. 4.	BODPOD.....	29
Şekil 3. 5.	Mekanik aks deviasyonu.....	30
Şekil 3. 6.	Mekanik Lateral proksimal femoral açı.....	30
Şekil 3. 7.	Mekanik lateral distal femoral açı	31
Şekil 3. 8.	Medial proksimal tibial açı	32
Şekil 3. 9.	Lateral distal tibial açı.....	32
Şekil 3. 10.	Diz eklem uyum açısı	33
Şekil 3. 11.	ICd, IMd ve HKA	34
Şekil 3. 12.	Quadriceps femoris açısı.....	34
Şekil 3. 13.	Tibial tosiyon açısı.....	35
Şekil 3. 14.	Femoral anteversiyon açısı	36
Şekil 3. 15.	Tibial tüberkül-troklear oluk mesafesi.....	36

Şekil 3. 16.	Tibial tüberkül-arka çapraz bağ mesafesi	37
Şekil 3. 17.	MR cihazı Siemens Medical Systems.....	39
Şekil 3. 18.	Alt Ekstremité MR Görüntüleri	40
Şekil 3. 19.	IsoMed 2000 izokinetik dinamometre	42
Şekil 4. 1.	Diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet grafiğı	45
Şekil 4. 2.	Diz H/Q oran grafiğı	45
Şekil 4. 3.	Kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet grafiğı	47
Şekil 4. 4.	Kalça Add/Abd oran grafiğı	47



SİMGELER VE KISALTMALAR

a	: Anatomik
A	: Anterior
Add/Abd	: Adduksiyon / Abduksiyon
ASİS	: Anterior Superior Iliac Spine
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
FFA	: Femoral anteversiyon
FL	: Femur Uzunluğu
H/Q	: Hamstring / Quadriceps
HKA	: Kalça Diz Ayak Açısı
ICd	: İnterkondiler Mesafe
IMd	: İntermalleolar Mesafe
JLCA	: Diz Eklem Uyum Açısı
L	: Lateral
LDTA	: Lateral Distal Tibial Açı
LL	: Bacak Uzunluğu
M	: Medial
m	: Mekanik
MAD	: Mekanik Aks Deviasyonu
mLDFA	: Mekanik Lateral Distal Femoral Açı

mLPFA : Mekanik Lateral Proksimal Femoral Aç1

MPTA : Medial Proksimal Tibial Aç1

MR : Manyetik Rezonans

MRG : Manyetik Rezonans Görüntüleme

P : Posterior

Q açısı : Quadriceps Femoris Açısı

SL : Dilim Kalınlığı

TE : Eko Süresi

TL : Tibia Uzunluğu

TR : Tekrar Süresi

TSE : Turbo-spin Eko

TT : Tibial Torsiyon

TT-PCL : Tibial Tüberkül-Arka Çapraz Bağ

TT-TG : Tibial Tüberkül- Troklear Oluk

1. GİRİŞ

Futbolcuların maruz kaldığı yaralanma riskini ve insidansını azaltmaya yardımcı olmak için, öncelikle futbolcuların ne tür yaralanmalara maruz kaldığı ve bu yaralanmaların altında yatan nedenlerin bilinmesi oldukça önemlidir. Futbolun alt ekstremitenin ağırlıklı olarak kullanıldığı bir spor branşı olması nedeniyle yaralanmalar sıklıkla alt ekstremitede, diz ve ayak bileği eklemlerinde görülmektedir. Bu yaralanmaları etkileyen birçok risk faktörü bulunmasına rağmen, özellikle diz ekleminde yaralanmalara katkıda bulunan risk faktörlerinden biri de diz dizilimin bozulmasıdır.

Futbolcularda rapor edilmiş olan en yaygın dizilim bozukluğu genu varumdur. Artan genu varum insidansının futbolcularda özellikle çapraz bağ yaralanmaları başta olmak üzere birçok yaralanmayla ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Ancak futbolcularda genu varum insidansının artmasının altında yatan mekanizmalar ve bunlara katkıda bulunan faktörler halen net olarak tespit edilememiştir. Literatürde genu varum oluşumunun nedenleri yaş, vücut ağırlığı, beslenme, çevresel faktörler, kalça ve femoral kaslar arasındaki kuvvet orantısının bozulması ve etnisite gösterilmektedir. Diğer taraftan anterior pelvis tilt, femoral anteversiyon, tibial torsion, patellanın pozisyonu genu varum ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca, futbolcularda genu varum oluşumunun nedeni olarak proksimal tibiadaki deformasyonlar da gösterilmektedir.

Futbolcularda alt ekstremitte dizilimini araştıran çalışmalar futbol ve genu varum arasındaki olası ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Bu çalışmalar genellikle futbol oynayanlar ile futbol oynamayanların genu varum düzeylerini araştırmış ve futbol oynayanlar lehine yüksek genu varum insidansları bildirmişlerdir. Bununla birlikte, genu varumun yaşla birlikte artma eğiliminde olduğu ve bunun futbola katılım yılından kaynaklandığı düşünülmektedir. Her ne kadar bacak dizilimi için radyografik değerlendirmeler en geçerli ve kesin sonuç veren yöntem olarak görülse de; bu ölçümler pahalı, uygulaması zor ve sağlıklı bireyleri, özellikle çocukları, gereksiz radyasyona maruz bırakması nedeniyle çok tercih edilmemektedir. Yapılan araştırmalar incelendiğinde, özellikle futbolcularda genu varum düzeylerinin

incelendiği araştırmalarda, gonyometre, kaliper ve fotoğraflama tekniği kullanılmıştır. Bu yöntemlerle, genu varum düzeylerine dair yorum yapılabilmesiyle birlikte, oluşuma neden olan etyolojik faktörleri ve antropometrik bileşenlerdeki farklılıkları incelemek ancak radyografik görüntüleme ile sağlanabilmektedir. Bu nedenle; bu araştırmanın amacı genu varumu olan futbolcularda alt ekstremit dizilimlerinin manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirilmesi, dizilimin bozulmasının altında yatan mekanizmalar ve bunlara katkıda bulunan faktörlerin belirlenmesidir. Bununla birlikte alt ekstremit dizilimi ile izokinetik kuvvet değerleri arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır.



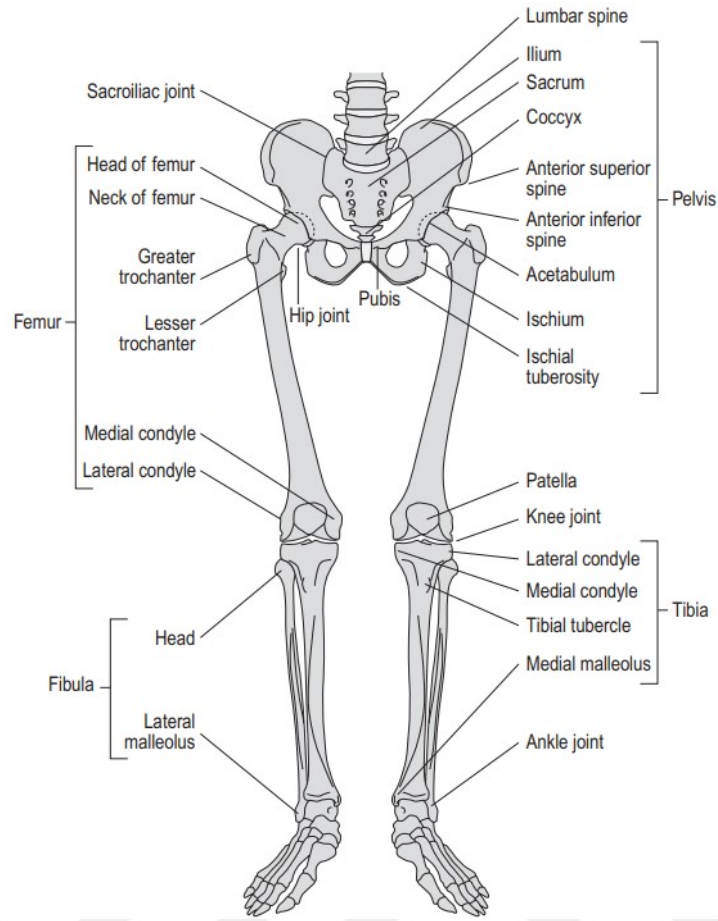
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Alt Ekstremitte Anatomisi

Üst ve alt ekstremitte eklemleri arasında bazı benzerlikler olmasına rağmen, üst ekstremitte daha geniş hareket açıklığı gerektiren aktiviteler için özelleşirken, alt ekstremitte (Şekil 2.1.; Whittle, 2014'ten alınmıştır.), ağırlık taşıma ve hareket etme işlevleri için özelleşmiştir. Bu temel işlevlerin dışında, futbolda topa vurmak, dengeyi sağlamak, uzun veya yüksek atlama gibi aktiviteler alt ekstremitenin daha özelleşmiş bazı yeteneklerini ortaya çıkarır (Hall, 2019).

Alt ekstremiteler, ayak ve zemin arasındaki tekrarlayan temaslar yoluyla oluşturulan kuvvetlere maruz kalır. Aynı zamanda alt ekstremitte gövde ve üst ekstremitteyi desteklemekten sorumludur. Alt ekstremitenin uzuvları birbirine ve gövdeye pelvik kuşak ile bağlanır. Bu, alt ekstremitedeki hareketleri ve kasların hareketlere katkısını incelerken, her zaman göz önünde bulundurulması gereken ekstremiteler ve gövde arasında bir bağlantı kurar (Hamill ve ark., 2015).

Basit bir şut atma hareketinde, becerinin başarısı için kritik olan sadece topa vurma uzvu (yani bacak ve ayak) değildir. Kontralateral uzuv, vücut ağırlığının stabilizasyonunda ve desteklenmesinde çok önemli bir rol oynar. Pelvis alt ekstremitte için doğru pozisyonu belirler ve gövde pozisyonu alt ekstremitte kas sisteminin etkinliğini belirler. Böylece, pelvis veya gövdenin herhangi bir bölümündeki hareket, alt ekstremitelerin başka yerlerindeki eylemleri etkilemektedir. Bu nedenle, yürümedeki bir aksaklığı değerlendirirken, diğer ekstremitede meydana gelen bir şey topallamaya neden olabileceğinden, sadece topallığın meydana geldiği ekstremitteye odaklanılmamalıdır (Hamill ve ark., 2015).



Şekil 2.1. Alt ekstremitelerin kemikleri ve eklemleri

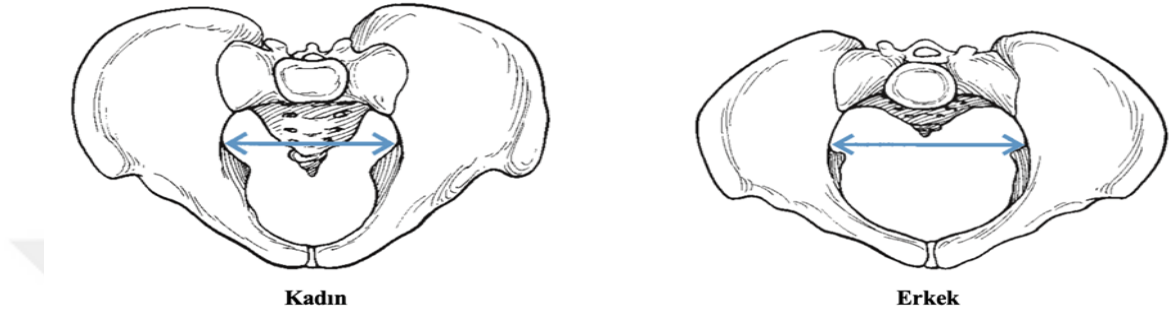
2.1.1. Pelvis ve Kalça Kompleksi

Pelvik Kuşak

Kalça eklemi de dahil olmak üzere pelvik kuşak, alt ekstremitede hareket açıklığını artırarak hareketlilik sağlarken, vücudun ağırlığını desteklemede de önemli bir rol oynar. Omuz kuşağına benzer şekilde, pelvis, kalça eklemi alt ekstremitte hareketi için uygun bir konuma yerleştirecek şekilde yönlendirilmelidir. Bu nedenle, etkin eklem hareketleri için pelvik kuşak ve kalça ekleminin birlikte hareketi gereklidir (Hamill ve ark., 2015).

Pelvik kuşak ve kalça eklemi, kuvvetlerin alt ekstremiteden kalça ve pelvis yoluyla yukarı gövdeye veya gövdeden aşağı pelvis ve kalça yoluyla alt ekstremitteye hareket ettiği kapalı bir kinetik zincir sisteminin parçasıdır. Ayrıca, pelvik kuşak ve kalça eklemi dengeyi sağlamak ve ayakta durma postürünün korunmasına önemli ölçüde katkıda bulunur (Soligard ve ark., 2012).

Pelvik bölge, genel popülasyonda cinsiyetler arasında gözle görülür farklılıkların olduğu vücudun bir bölgesidir. Şekil 2.2.'de (Hamill ve ark., 2015'ten alınmıştır) gösterildiği gibi, kadınlar genellikle erkeklere göre daha hafif, ince ve geniş olan pelvik kuşaklara sahiptir (Dunsworth, 2020). Bu iskeletsel farklılığın, kalça eklemi ve çevresindeki kas fonksiyonu üzerinde doğrudan bir etkisi bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Cinsiyetlere göre pelvik

Kalça Eklemi

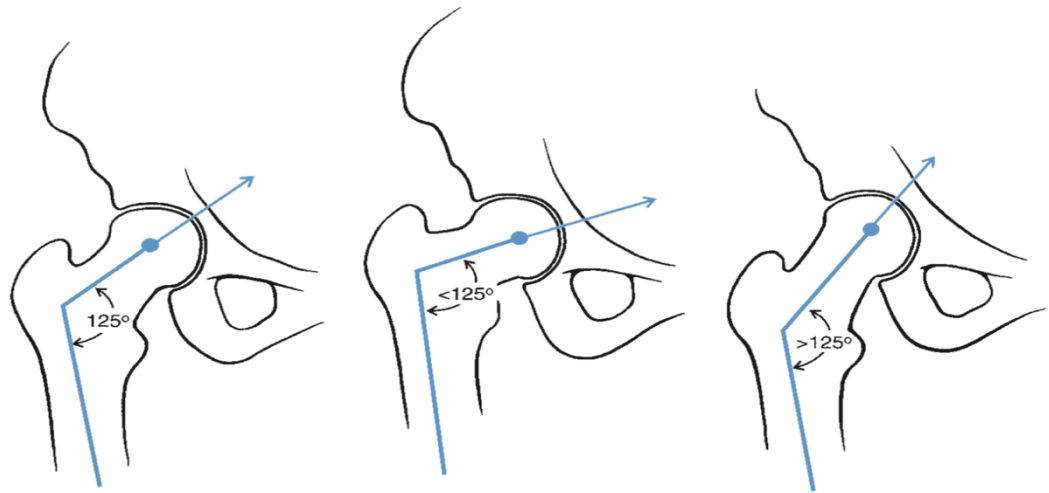
Pelvik kuşak kompleksindeki son eklem, genellikle sabit ancak hareketli olarak nitelendirilebilen kalça eklemidir. 3 serbestlik derecesine sahip olan kalça, pelvis üzerindeki asetabulum ile femur başı arasındaki eklemden oluşan küresel bir eklemdir (Hamill ve ark., 2015).

Asetabulum, topun (femur başı) ve yuvanın (pelvis kemiğinin fincan şeklindeki yuva bölümü) öne, yana ve aşağıya bakan içbükey yüzeyidir. İlginç bir şekilde, pelvisi oluşturan üç kemik- ilium, ischium ve pubis - asetabular boşlukta birbirleriyle fibröz bağlantılarını oluşturur. Yuva, kenarda daha kalın ve üst kısımda en kalın olan eklem kıkırdığı ile kaplanmıştır (Nordin ve Frankel, 2001). Asetabulumun alt tarafında kıkırdak yoktur. Omuz ekleminde olduğu gibi, asetabulumu çevreleyen, asetabular labrum adı verilen bir fibrokartilaj kenar vardır. Bu yapı yuvayı derinleştirmeye ve stabilizeyi artırmaya yardımcı olur (Hamill ve ark., 2015).

Femur, femur boynu tarafından kalça ekleminden ve pelvisten uzakta tutulur. Boyun, güç için ince bir kortikal tabakaya sahip süngerimsi trabeküler kemikten oluşur

(Hamill ve ark., 2015). Kortikal tabaka, daha büyük gerilim kuvvetlerine yanıt olarak daha fazla kuvvetin gerekli olduğu boynun alt yüzeyinde takviye edilir. Ayrıca medial femur boynu, yer reaksiyon kuvvetlerine dayanmaktan sorumlu kısımdır. Boynun yan kısmı, kasların oluşturduğu kompresyon kuvvetlerine direnir (Nordin ve Frankel, 2001).

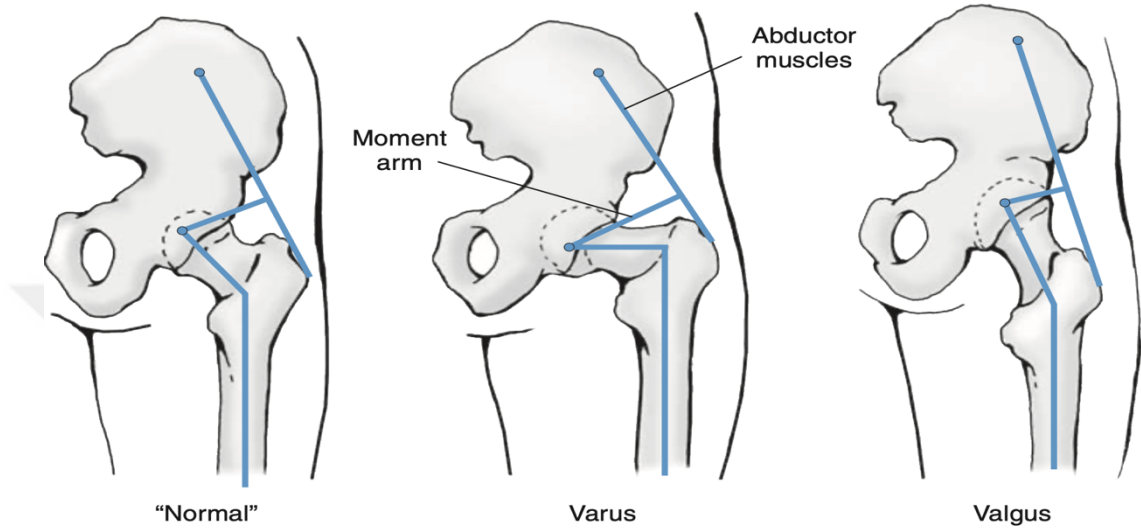
Femur boynu, medial olarak dizine doğru eğimli olan femur shaftı ile birleşir. Shaft orta kısımda çok dardır ve burada en kalın kortikal kemik tabakası ile güçlendirilmiştir. Ayrıca shaft, yüksek kuvvetleri sürdürmek ve desteklemek için en uygun yapıyı sunmak üzere öne doğru eğilir (Hamill ve ark., 2015). Femur boynu, kalça eklemi içinde uyumlu artikülasyonu kolaylaştırmak ve femuru vücuttan uzak tutmak için hem ön hem de enine düzlemlerde belirli bir açıda konumlandırılmıştır. Eğim açısı, ön düzlemde femur shaftına göre femur boynunun açısıdır. Bu açı yaklaşık olarak 125° 'dir (Şekil 2.3.; Hamill ve ark., 2015'ten alınmıştır). Bu açı doğumda yaklaşık $20-25^{\circ}$ daha büyüktür ve kişi olgunlaştıkça ve yük taşıma pozisyonları aldıkça küçülür. Ayrıca, yetişkinlik yıllarında açının yaklaşık 5° azalmaya devam ettiğine inanılmaktadır (Hamill ve ark., 2015).



Şekil 2.3. Femur boynunun eğim açısı

Eğim açısı aralığı genellikle 90° ila 135° arasındadır (Nordin ve Frankel, 2001). Eğim açısı önemlidir çünkü kalça abduktörlerinin etkinliğini, uzuv uzunluğunu ve kalça eklemine uygulanan kuvvetleri belirler (Şekil 2.4.; Hamill ve ark., 2015'ten

alınmıştır). 125 ° 'den büyük bir eğim açısına koksa valga denir. Eğim açısındaki bu artış ekstremitayı uzatır, kalça abduktörlerinin etkinliğini azaltır, femur başındaki yükü artırır ve femur boynundaki stresi azaltır. Eğim açısının 125 ° 'den az olduğu koksa vara uzuvları kısaltır, kalça abduktörlerinin etkinliğini artırır, femur başındaki yükü azaltır ve femur boynundaki stresi artırır (Hamill ve ark., 2015).



Şekil 2.4. Eğim açısı bozuklukları

2.1.2. Diz Eklemi

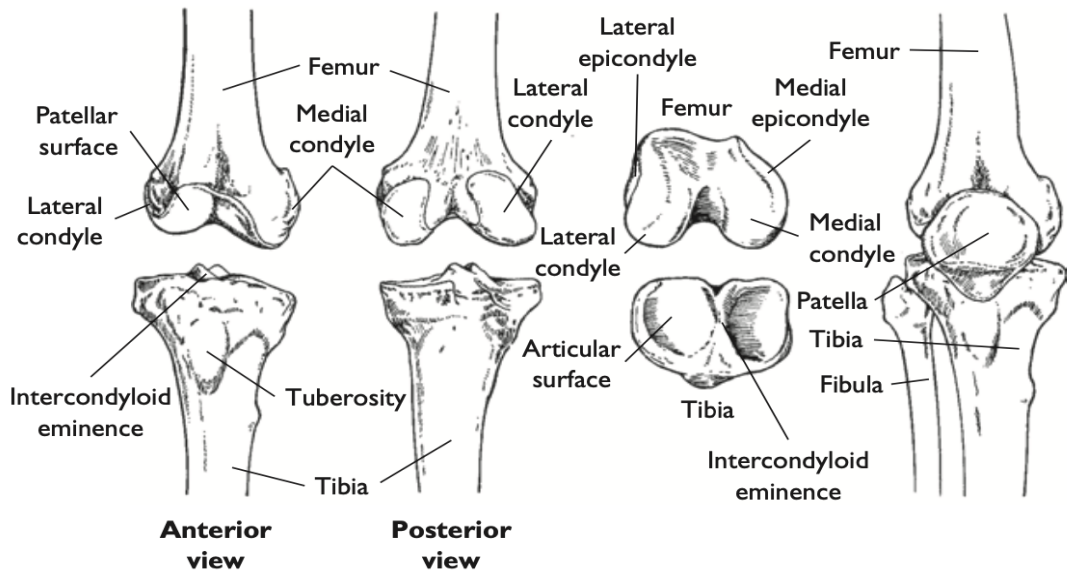
Diz dört kemikten ve yumuşak dokulardan oluşan, insan vücudunun en büyük eklemidir. Diz eklemine oluşturan kemikler; femur (uyluk kemiği), tibia (kaval kemiği), patella (diz kapağı) ve fibula'dır. Bu kemikler, tibiofemoral eklem ve patellofemoral eklemden oluşan çift eklemli bir yapı oluşturmak için birleştirilir. Yumuşak dokular fibröz kapsül, sinovyal membran, iki menisküs, bağ ve çok sayıda bursitten oluşur (Traina ve ark., 2013).

Diz eklemi vücudun ağırlığını destekler ve yerden gelen kuvvetleri iletirken, femur ve tibia arasında büyük bir harekete izin verir. Uzatılmış pozisyonda diz eklemi dikey dizilimi, eklem yüzeylerinin uyumu ve yerçekiminin etkisi nedeniyle stabildir. Ancak, herhangi bir fleksiyon pozisyonunda diz eklemi hareketlidir ve eklemi çevreleyen güçlü kapsül, bağ ve kaslardan özel stabilizasyon gerektirir. Eklem, üzerindeki mekanik talepler ve destekler için yumuşak dokuya güvenme nedeniyle yaralanmaya karşı savunmasızdır (Hamill ve ark., 2015).

Dizin etrafını saran bağlar, sadece gerilimle yüklendiği için eklemi pasif olarak desteklerken, kaslar ise eklemi aktif olarak destekler. Eklem fonksiyonel stabilitesi, bağların pasif olarak kısıtlanmasından, eklem geometrisinden, aktif kaslardan ve kemikleri birbirine iten kompresif kuvvetlerden elde edilir (Hamill ve ark., 2015).

Tibiofemoral Eklem

Tibia ve femurun medial ve lateral kondilleri, yan yana iki kondiloid eklem oluşturmak üzere eklemlenir (Şekil 2.5.; Hall, 2019'dan alınmıştır). Bu eklemler, bazı yanal ve rotasyonel hareketlere izin verilen kısıtlayıcı bağlar nedeniyle öncelikle modifiye edilmiş bir menteşe eklemi olarak işlev görür.



Şekil 2.5. Tibiofemoral eklemin kemik yapısı.

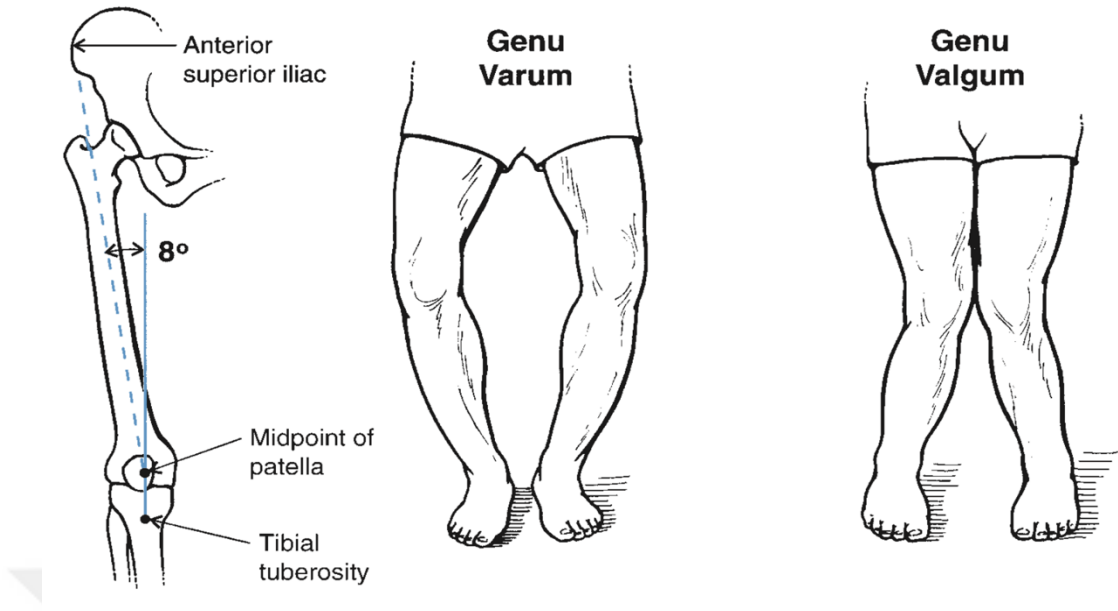
Tibial platolar olarak bilinen tibia kondilleri, interkondiler eminens olarak bilinen bir bölge ile ayrılan hafif çöküntüler oluşturur. Femurun medial ve lateral kondilleri boyut, şekil ve oryantasyon açısından biraz farklı olduğundan, tibia son birkaç derece ekstansiyon sırasında dizin “kilitlenmesini” sağlamak için femur üzerinde lateral olarak döner. “Screw-home” mekanizması olarak bilinen bu fenomen, dizin tam ekstansiyon pozisyonuna getirir. Tibial platonun eğrilikleri karmaşık, asimetric olduğundan ve kişiden kişiye önemli ölçüde farklılık gösterdiğinden, bazı dizler diğerlerine göre çok daha stabil ve yaralanmalara karşı dirençlidir (Hashemi ve ark., 2008).

Patellofemoral Eklem

Patellofemoral eklem, patellar tendonla çevrili üçgen şekilli patellanın femoral kondiller arasındaki troklear oluk ile eklemlesmesinden oluşur. Patellanın arka yüzeyi, patella ile femur arasındaki sürtünmeyi azaltan eklem kıkırdağı ile kaplıdır (Hall, 2019).

Patella birkaç biyomekanik fonksiyona hizmet eder. En önemlisi, quadriceps tendonunun tibia üzerindeki çekme açısını artırır, böylece quadriceps kaslarının diz ekstansiyonu için mekanik avantajını %50'ye kadar artırır. Ayrıca quadriceps kaslarından patellar tendona iletilen farklı gerilimi merkezileştirir. Patella ayrıca patellar tendon ve femur arasındaki temas alanını artırır, böylece patellofemoral eklem temas stresini azaltır. Son olarak, dizin ön yüzü için de bir miktar koruma sağlar ve quadriceps tendonunu bitişik kemiklere karşı sürtünmeden korumaya yardımcı olur (Hall, 2019).

Patellanın pozisyonu ve alt ekstremitenin frontal düzlemde dizilimi Q açısı (Quadriceps Femoris açısı) ölçülerek belirlenir. Anterior superior iliac spine'den (ASİS) patellanın merkezine bir çizgi ve tibial tüberkülün merkezinden patellanın merkezine ikinci bir çizgi çizilerek oluşan açığa Q açısı denir. 10-20° (erkeklerde; 10-14°, kadınlarda; 15-17°.) arasındaki Q açı değerleri normal olarak değerlendirilir (Lyon ve ark., 1988; Rossi ve ark., 2011). Kadınların erkeklere kıyasla daha fazla Q açısına sahip olmalarının en önemli nedenin, kadınların pelvis genişliğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Lyon ve ark., 1988; Woodland ve Francis, 1992). Bununla birlikte, anterior superior iliak omurganın pozisyonunun kadınlarda önemli ölçüde daha lateralde konumlanmadığı, bu nedenle erkekler ve kadınlar arasındaki bu açı farklılıklarının boy uzunluğundan da kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Grelsamer ve ark., 2005). Çok küçük Q-açıları, genu varum olarak bilinen bir bozukluğa neden olurken, büyük Q açıları, genu valgum olarak adlandırılan bir bozukluğa neden olur (Şekil 2.6.; Hall, 2019'dan alınmıştır).



Şekil 2.6. Q açısı, genu varum ve genu valgum

2.1.3. Ayak Bileği Eklemi

Ayak ve ayak bileği, ayağın yirmi altı ayrı kemiğinden, alt ekstremitenin uzun kemikleriyle birlikte toplam otuz üç eklemden oluşur. Sıklıkla "ayak bileği eklemi" olarak anılsa da, ayağın hareketini kolaylaştıran çok sayıda eklem vardır (Gray, 2015). Düzgün bir hareket elde etmek için tüm bu eklemlerin uyumlu ve kombinasyon halinde etkileşime girmesi gerekir (Hamill ve ark., 2015).

Ayak, tüm alt ekstremitenin işlevine önemli ölçüde katkıda bulunur. Ayak hem ayakta hem de hareket halinde vücudun ağırlığını destekler ve zeminle temas ettiğinde, zemin temasından kaynaklanan büyük kuvvetleri azaltan bir amortisör görevi görür. Destek aşamasının sonlarında, etkili tahrik için sert bir kaldıraç olmalıdır. Son olarak, duruş sırasında ayak sabitlendiğinde, alt ekstremitenin rotasyonunu absorbe etmesi gerekir (Hamill ve ark., 2015).

Ayak bileği, medial ve lateral taraflarda mükemmel bağ desteğine sahiptir. Ayak bileğini çevreleyen bağlar, plantar fleksiyon ve dorsifleksiyon, ayağın anterior ve posterior hareketini, talusun tiltini, inversiyon ve eversiyonu sınırlar. Lateral bağların her biri, ayağın pozisyonuna bağlı olarak ayak bileğini stabilize etmede özel bir role sahiptir (Zwipp ve Randt, 1994; Nordin ve Frankel, 2001).

2.2. Alt Ekstremitte Dizilimi

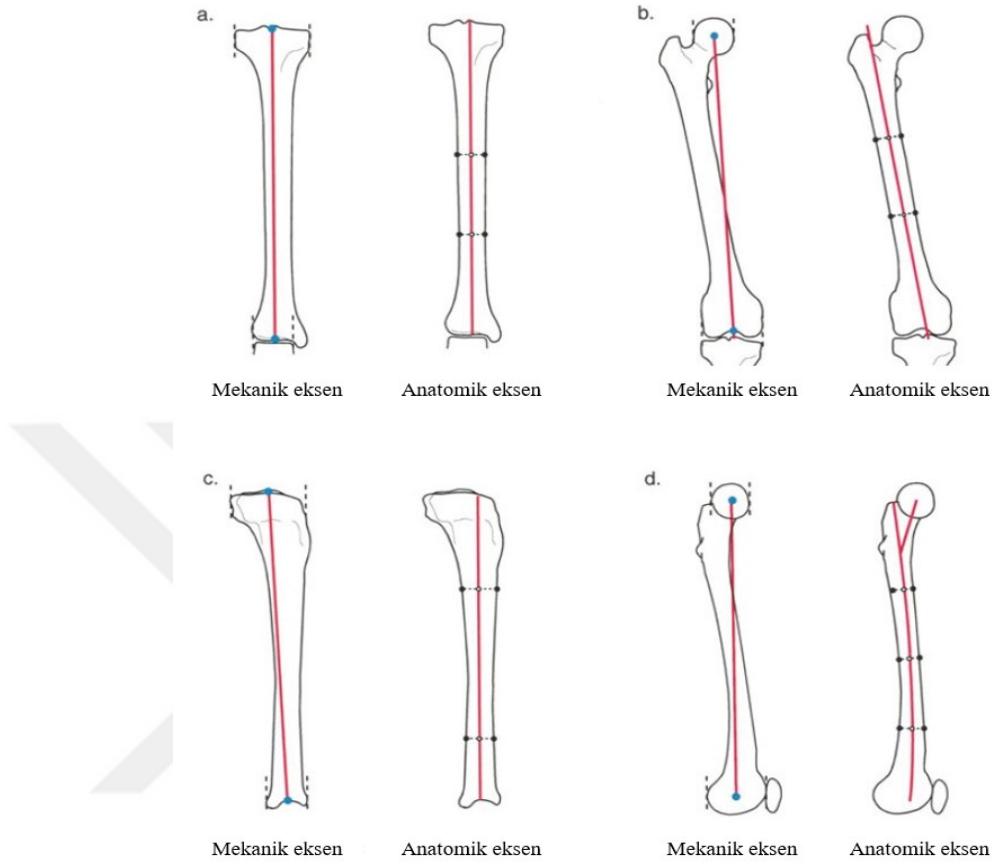
Alt ekstremitte eksenleri genellikle iskelet gelişiminin bir parçası olarak çeşitli değişikliklere uğrar. Bir eksenin, alt ekstremitenin koronal, sagittal veya transversal düzlemlerinde iki noktayı birleştiren düz bir çizgiden ne kadar saptığını ölçmek için "hizalama" terimini kullanılır. İki nokta arasındaki bu düz çizgi, iki farklı kavram olan mekanik veya anatomik eksen olarak tanımlanır. Lateral ve medial açı valgus ve varus ve transversal açı ise iç ve dış rotasyon olarak tanımlanır. Ayrıca medial, lateral, anterior veya posterior olarakta tanımlanabilir (D. O. Ferguson ve Fernandes, 2016).

Alt ekstremitte deformitelerini anlamak için öncelikle normal dizilimin parametrelerini ve sınırlarını anlamak ve belirlemek önemlidir. İnsan normal uzuv hizalaması ve uyumsuzluğunun tanımı istatistiklerden formüle edilmiştir. Dolayısıyla, alt ekstremitte deformiteleri fizyolojik eksenlerin sapması olarak tanımlanır. Uzuv dizilim deformitelerinin doğuştan veya yapısal bir etiyojisi olabilir. Çocukluk döneminde epifiz plağının erken kapanması ile büyüme bozukluğuna bağlı olabilirler. Ayrıca travma, raşitizm gibi metabolik bozukluklar veya renal osteopati gibi osteopatilerle de ilişkilidirler. Sistemik miyopatiler veya nörolojik patolojiler de ilişkili olabilir (Luís ve Varatojo, 2021).

2.2.1. Mekanik ve Anatomik Kemik Eksenleri

Her uzun kemiğin bir mekanik ve bir anatomik ekseni vardır (Şekil 2.7.; Paley, 2002'den alınmıştır). Bir kemiğin mekanik ekseni, proksimal ve distal eklemlerin eklem merkez noktalarını birleştiren düz çizgi olarak tanımlanır. Bir kemiğin anatomik ekseni ise orta diyafiz çizgisidir. Mekanik eksen ister frontal ister sagittal düzlemde olsun, her zaman iki ortak merkez noktasını birleştiren düz bir çizgidir. Anatomik eksen çizgisi frontal planda düz olabilir ancak femurda olduğu gibi sagittal planda kavislidir. Tibiada anatomik eksen hem frontal hem de sagittal düzlemde düzdür. Eksen çizgileri, bir kemiğin herhangi bir uzunlamasına izdüşümüne uygulanabilir. Pratik amaçlar için, sadece frontal ve sagittal olmak üzere iki anatomik düzleme atıfta bulunuyoruz. Frontal ve sagittal düzlemlerde kalça, diz ve ayak bileği için ortak bir çizgi çizilebilir. Eklem çizgisi ile mekanik veya anatomik eksen

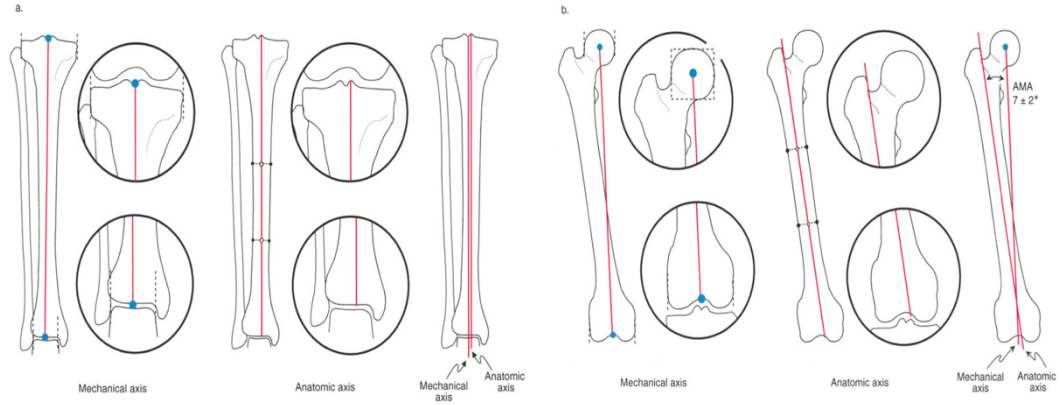
arasında oluşan açıya eklem oryantasyon açısı denir. Her açının adı, mekanik (m) veya anatomik (a) eksene göre ölçüldüğünü belirtir. Açı, eksen çizgisine göre medial (M), lateral (L), anterior (A) veya posterior (P) olarak ölçülebilir. (Paley, 2002).



Şekil 2.7. Kemiklerin mekanik ve anatomik eksenleri.

Düz kemiklerde mekanik ve anatomik eksenler (a,c), kavisli kemiklerde mekanik ve anatomik eksenler (b,d)

Tibianın mekanik ve anatomik eksenleri paralel olarak kabul edilir. Anatomik eksen mekanik eksene göre biraz medialdir. Bu nedenle, tibianın mekanik ekseni aslında tibial shaftın orta hattının biraz lateralindedir. Mekanik eksenin aksine, anatomik eksen diz eklemine merkezinden geçmez. Femurun mekanik ve anatomik eksenleri paralel değildir. Femurun anatomik ekseni, medial tibial omurganın yakınında, genellikle diz eklemi merkezinin 1 cm medialinde diz eklem hattını keser (Şekil 2.8.; Paley, 2002'den alınmıştır). Proksimal olarak uzatıldığında, genellikle büyük trokanter medial korteksinin hemen medialindeki piriformis fossadan geçer. Femurun mekanik ve anatomik eksenler (AMA) arasındaki açı $7\pm 2^\circ$ 'dir (Paley, 2002).



Şekil 2.8. Tibia ve Femurun mekanik ve anatomik eksenleri.

(a) Tibianın mekanik ve anatomik eksenleri, (b) Femurun mekanik ve anatomik eksenleri

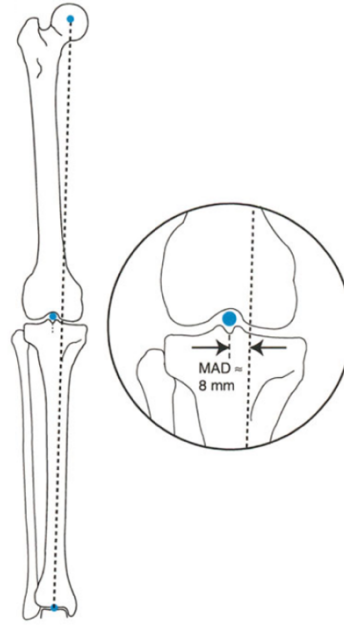
2.2.2. Mekanik Aks Deviasyonu (MAD)

Alt ekstremitenin frontal düzlemini değerlendirirken iki önemli nokta vardır. Bunlar eklem dizilimi ve eklem oryantasyonudur (Paley ve Tetsworth, 1992). Hizalama, kalça, diz ve ayak bileğinin doğrusallığını ifade eder (Şekil 2.9.). Oryantasyon, bireysel ekstremit segmentlerinin (tibia ve femur) eksenlerine göre her bir eklem yüzeyinin konumunu ifade eder. Hizalama ve oryantasyon, tek bir kasette tüm alt ekstremitenin uzun süreli AP radyografileri kullanılarak en iyi şekilde değerlendirilir, böylece mekanik aks deviasyonu (MAD) da değerlendirilebilir (Paley, 2002).

Frontal düzlemde, femur başının merkezinden ayak bileği plafondunun merkezine geçen çizgiye alt ekstremitenin mekanik eksen denir (Şekil 2.9.). Tanım olarak, dizilim bozukluğu, dizin merkezi bu çizgiye yakın olmadığında meydana gelir. Normal dizilim genellikle mekanik eksenin dizin ortasından geçmesiyle gösterilse de, femur başının merkezinden ayak bileğinin merkezine çizilen bir çizgi tipik olarak dizin merkezinin hemen medialinden geçer (Paley, 2002). Hsu ve ark. (1990), çeşitli yaşlardaki 120 normal gönüllünün alt ekstremitelerinin uzun süreli AP radyografilerini incelemiş ve mekanik eksenin genellikle dizin merkezinin hemen medialinden geçtiğini bildirmiştir.

Frontal düzlemde mekanik eksen çizgisi ile dizin merkezi arasındaki mesafe MAD'dir. MAD, medial veya lateral olarak tanımlanır. Medial ve lateral MAD'lar,

sırasıyla genu varum veya genu valgum dizilim bozuklukları olarak da adlandırılır (Şekil 2.9.; Paley, 2002'den alınmıştır) (Paley, 2002).



Şekil 2.9. MAD ölçümü

Alt ekstremitenin frontal düzlem mekanik eksen, femur başının merkezinden ayak bileği plafondunun merkezine olan çizgidir. Normal mekanik eksen çizgisi, diz eklem çizgisinin merkezine 8 ± 7 mm medial geçer.

2.2.3. Alt Ekstremitte Deformiteleri

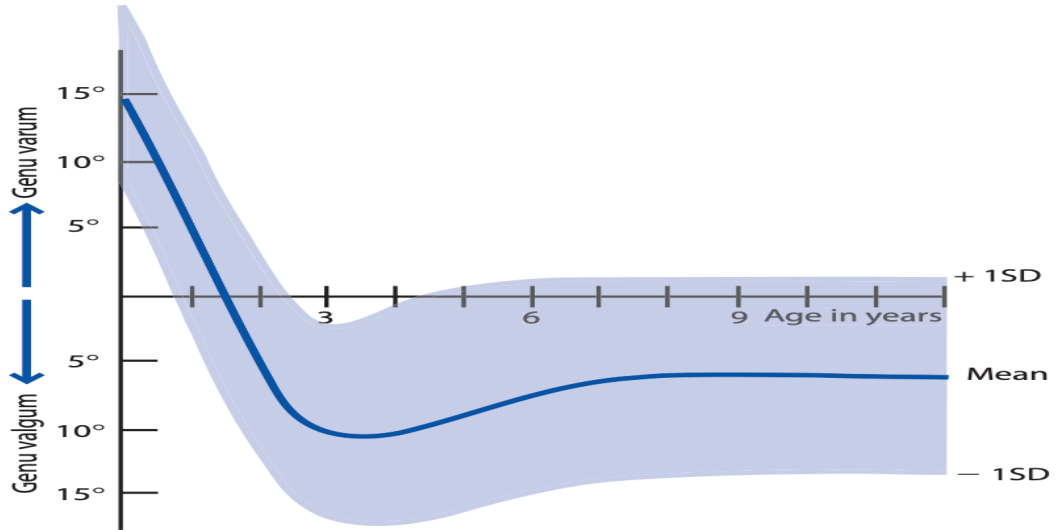
Alt ekstremitte deformiteleri, fizyolojik eksenlerin frontal, sagittal veya transvers düzlemlerde sapması olarak tanımlanır ve alt ekstremitenin yanlış hizalanmasına neden olur (Luís ve Varatojo, 2021).

Alt ekstremitte deformitelerinin çoğu frontal planda meydana gelir ve varus ve valgus deviasyonları olarak bilinir. Sekonder varus ve valgus uyumsuzluğunun sık görülen bir nedeni menisektomiden kaynaklanan kıkırdak hasarıdır (Lobenhoffer ve Van Heerwaarden, 2009). Frontal düzlem deformitesi varlığında dizin medial veya lateral kompartmanında fizyolojik olmayan bir yük dağılımı oluşur. Ortaya çıkan mekanik aşırı yük, ilerleyici kıkırdak aşınmasına ve dejeneratif hastalığa neden olur. Diz çevresindeki osteotomilerin ağırlık taşıma eksenini ve alt ekstremitenin yük dağılımını düzeltmede büyük etkisi vardır (Luís ve Varatojo, 2021).

Genu Varum

Genu varum çocuklarda oldukça yaygın olan bir alt ekstremite dizilim bozukluğudur (Şekil 2.11.). Genu Varum oluşumuna çok sayıda koşul sorumlu olabilir ve deformitenin doğal seyri, oldukça iyi huylu ve gözlem gerektiren fizyolojik eğilmelerden, ilerleyici deformiteyi ve sakatlığı önlemek için erken müdahale gerektiren daha karmaşık, patolojik nedenlere kadar geniş bir aralıkta değişebilir (Killen ve DeKiewiet, 2020).

Değişken olsa da, çocuklarda tibiofemoral açının gelişimi yaşa göre tahmin edilebilir bir sıralı model izleme eğilimindedir ve Salenius ve Vankka tarafından yapılan radyolojik çalışmada tanımlandığı gibi bir grafikte gösterilebilir (Salenius ve Vankka, 1975). Çocuklar yaşla birlikte yavaş yavaş azalan belirgin diz varusu ile doğarlar. Yaklaşık 12-18 ayda dizler düzelir, ardından ikinci ve üçüncü yıllarda belirgin valgus gözlenir. Valgus daha sonra 6 yaşından itibaren yetişkin seviyelerine normalleşir (Şekil 2.10; Joseph ve ark., 2009'dan alınmıştır).



Şekil 2.10. Çocuklarda tibiofemoral açının gelişimi

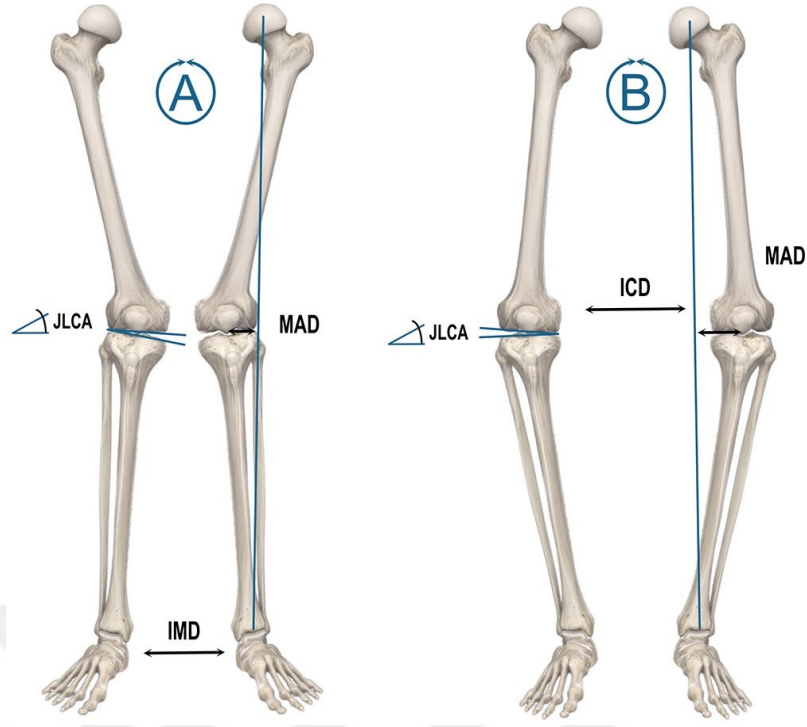
Genu varumlu bir çocuğu değerlendirirken, deformitenin ilk ne zaman fark edildiği ve statik mi yoksa ilerleyici mi görüldüğü de dahil olmak üzere kapsamlı bir öykü alınmalıdır. Özellikle çocuğun kaç yaşında yürümeye başladığı ve diğer gelişimsel dönüm noktalarına uygun şekilde ulaşıp ulaşılmadığı dahil olmak üzere geçmiş bir tıbbi ve gelişimsel öykü belgelenmelidir. Her ne kadar fizyolojik varusta sıklıkla

mevcut olsa da, özellikle çocuğun boyu 25. persantilin altındaysa, altta yatan bir metabolik kemik hastalığı veya iskelet displazisi olasılığını artırdığından, herhangi bir aile öyküsü kısa boy veya benzer deformite araştırılmalıdır (J. Ferguson ve Wainwright, 2013).

Boy, kilo ve yaşa göre yüzdeliklerin belgelenmesinden sonra, çocuğun pelvisi, dizleri ve ayaklarının kapsamlı bir değerlendirmesi yapılmalıdır. Her iki uzuv daha sonra simetri, eklem pasif hareket açıklığı ve rotasyonel profil açısından hem frontal hem de sagittal düzlemlerde incelenmeli ve tibial torsiyonun varlığına özellikle dikkat edilmelidir. Genu varum varsa, bu simetri açısından değerlendirilmeli ve deformitenin şiddeti interkondiler mesafe ölçülerek ve gonyometre ölçümleri kaydedilerek ölçülmelidir. Varusun tedrici bir deformite mi yoksa ani açılanma mı olduğuna dikkat edilmelidir; ani olursa, femur, diz veya tibiaya lokalize olmalıdır. Diz stabilitesi, özellikle lateral bağ kompleksinin bütünlüğü değerlendirilmelidir (Killen ve DeKiewiet, 2020).

Genu Valgum

Genu valgum alt ekstremité koronal düzlem deformitelerinden biridir (Şekil 2.11.; Luís ve Varatojo, 2021'den alınmıştır). Hastaların çoğu asemptomatiktir ve fonksiyonel sınırlamaları yoktur. Bu durumun öncesinde düztabanlık ve ara sıra medial ayak ve diz ağrısı olabilir. Çocuklarda fizyolojik genu valgum 2 yaşından itibaren gelişmeye başlar ve en çok 3 ila 4 yaşları arasında belirgin hale gelir. Bundan sonra 7 yaşına kadar tipik olarak stabil, hafif valgus pozisyonuna düşer. Adölesan yaş grubunda bu uyumda varsa minimal değişiklik beklenir. Genu valgum derecesini değerlendirmek için intermalleolar mesafe kullanılmıştır. Ayakta duran ve medial femoral kondilleri birbirine değen bir hastada medial malleoller arasındaki mesafedir. 8 cm'den büyük intermalleolar mesafeler patolojik kabul edilir (Sutherland ve ark., 1980). Nadiren, valgus hizasının artmaya devam ettiği durumlarda, ayak parmakları açık yürüyüş, patellanın lateral subluksasyonu ve çocuk hareket ederken dizlerin birbirine sürtünmesi ile ilişkili olabilir (Heath ve Staheli, 1993; Espandar ve ark., 2010).



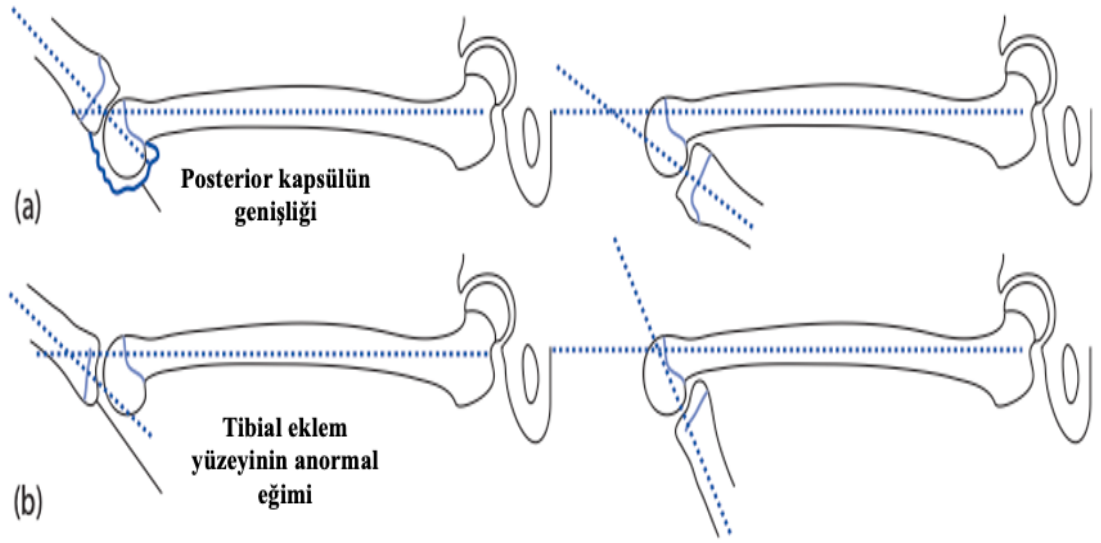
Şekil 2.11. Frontal düzlemde dizilim bozukluğu

a) Genu valgum, b) genu varum

Genu Rekurvatum

Normal dizin hiperekstansiyonu, dizin güçlü posterior kapsülü ve bağ kompleksinin bütünlüğü ve femur ve tibianın eklem yüzeylerinin oryantasyonu olmak üzere iki mekanizma ile önlenir. Bu mekanizmalardan biri veya her ikisinin de anormal kabul edildiği durumlar genu rekurvatum deformitesi olarak değerlendirilir (Joseph ve ark., 2009).

Femur ve tibianın eklem yüzeyleri normal olarak hizalanırsa ve posterior kapsül ve bağların gevşekliği varsa, diz normal bir pasif fleksiyon aralığına sahip olacaktır, ancak dizin ekstansiyonu fazla olacaktır (Şekil 2.12.a; Joseph ve ark., 2009'dan alınmıştır). Posterior kapsül ve bağlar normal olduğunda ve tibianın eklem yüzeyinin anormal eğimi olduğunda, dizin terminal fleksiyonunda sınırlama ve gözle görülür derecede hiperekstansiyon olacaktır (Şekil 2.12.b) (Joseph ve ark., 2009).



Şekil 2.12. Genu rekurvatum deformitesinde dizin hareket açıklığı.

(a) Posterior kapsül gevşekliği nedeniyle genu rekurvatum, (b) tibial eklem yüzeyinin öne eğimi nedeniyle genu rekurvatum.

Eklem yüzeylerinin anormal eğiminden şüpheleniliyorsa, gerçek bir lateral görünüm radyografisi anormallliği doğrulayabilir. Normalde tibial eklem yüzeyi geriye doğru 14° ($\pm 3,6^{\circ}$) eğimlidir. Tibial büyüme plağının ön kısmı hasar görürse, eklem yüzeyi giderek öne doğru eğilecek ve rekurvatum deformitesi gelişecektir. Proksimal tibial büyüme plakası hasarının nedenleri arasında Osgood-Schlatter hastalığı (Bellicini ve Khoury, 2006), kemik iltihabı (osteomiyelit) ve travma yer alır (Ishikawa ve ark., 1984). İyatrojenik nedenler arasında uzun süreli traksiyon veya alçı immobilizasyonu, iskelet traksiyonu ile büyüme plakasında hasar veya ameliyat sırasında hasar yer alır (Joseph ve ark., 2009).

Tibial Torsiyon

Tibia torsiyonu, proksimal ve distal eklemlerin hareket düzlemlerinin hizasında bir değişiklik neden olan tibianın ekseninde herhangi bir bükülmesi olarak tanımlanır (Hutter Jr ve Scott, 1949). Pediatrik popülasyonda femur ve tibia rotasyonel patolojisinin prevalansının %50 kadar yüksek olduğu bildirilmiştir (Fabry ve ark., 1994) ve sonuç olarak alt ekstremité muayenesinin bir parçası olarak rutin olarak değerlendirilir. Çoğu tibial torsiyon sorunu yaşla birlikte çözülürken ve yalnızca

küçük bir yüzdesinde kozmetik ve işlevsel bir sorun kalmaktadır. Gerçek insidansı net olmamakla birlikte, tibial torsiyonun erişkin popülasyonun %1'ini etkilediği tahmin edilmektedir (Hutter Jr ve Scott, 1949). Tibial torsiyon, yönü ve büyüklüğü ile orantılı olarak yürüyüş ve kas fonksiyonu üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir (Hicks ve ark., 2007) ve patellofemoral mekaniğin bozulmasına neden olabilir (Turner, 1994).

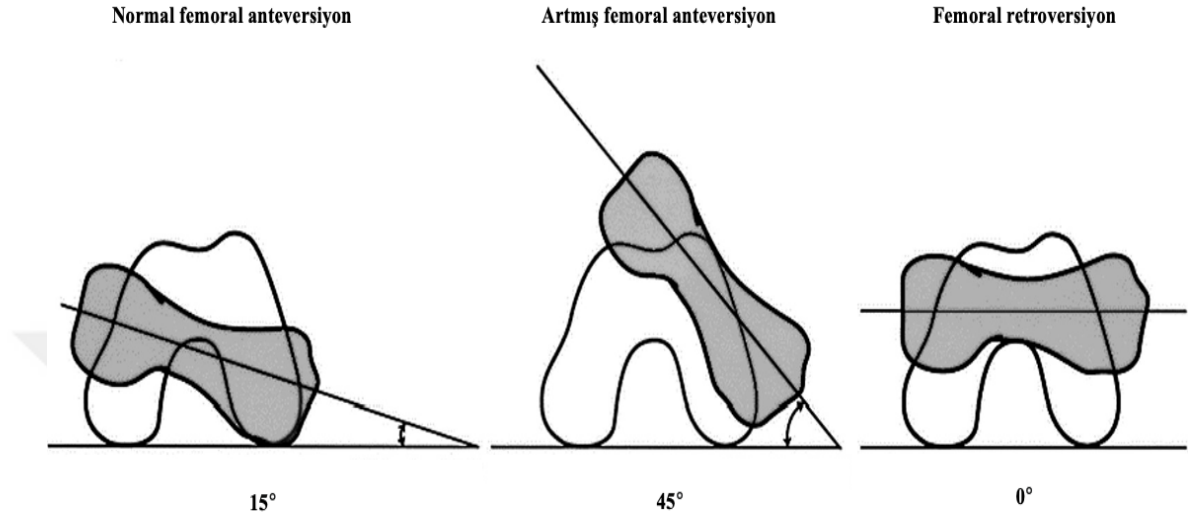
Diz eklemi ekseni ile ayak bileği eklemi ekseni aynı düzlemde değildir ve normal yürüyüş sırasında diz öne bakmasına rağmen hafif derecede dışa dönüklük vardır. Başka bir deyişle, ayağın uzun ekseni ile progresyon çizgisi (ayak progresyon açısı) arasındaki açı normalde yaklaşık 10° dışa doğrudur. Bu, tibianın bir dereceye kadar normal lateral veya tibianın eksternal torsiyonundan kaynaklanmaktadır. Tibia eksternal torsiyonu fazla ise dışa doğru yürüme, lateral torsiyon yoksa veya iç tibial torsiyon varsa içe doğru yürümeye neden olur. Tibianın torsiyon deformiteleri doğuştan veya gelişimsel olabildiği gibi açısal deformitelerle birlikte ya da izole bir deformite olarak mevcut olabilir. Tibianın torsiyon deformiteleri ayrıca femur, tibia ve ayağı içeren uzuvda daha yaygın rotasyonel dizilim bozukluğunun bir parçası olarak görülebilir (Salenius ve Vankka, 1975).

Femoral Anteversiyon

Femoral torsiyon olarak da adlandırılan femoral anteversiyonu, femur shaftına dik aksinel düzlemde iki çizginin izdüşümü arasındaki açıdır; bir çizgi proksimal femur boynu bölgesinden ve ikincisi distal kondiler bölgeden geçerek femurun 'torsiyon' derecesini gösterir (Şekil 2.13.; Scorcelletti ve ark., 2020'den alınmıştır) (Scorcelletti ve ark., 2020).

Her insan femurunun belirli bir torsiyonu vardır ve femurun büyük çoğunluğu, tipik olarak anteversiyon olmak üzere geniş bir torsiyon aralığı gösterir. Çocuk büyüdükçe femoral anteversiyon azalır. Femoral anteversiyon doğumda yaklaşık 40°'iken, çocuk erişkinliğe olgunlaştıkça yaklaşık 10-15°'ye düşer (Shands Jr ve Steele, 1958). Femoral anteversiyon kadınlarda erkeklere göre yaklaşık 5° daha yüksektir (Joseph ve ark., 2009).

Artmış femoral anteversiyon, idiyopatik olabilir veya gelişimsel kalça displazisi ve serebral palsi gibi diğer durumlarla ilişkili olabilir. Femoral retroversiyon çok daha az yaygındır; obez ergenler dışında nadiren idiyopattır ancak sıklıkla gelişimsel koksa vara ve kaymış femur başı epifizi ile ilişkilidir (Joseph ve ark., 2009).



Şekil 2.13. Femoral anteversiyon açısı

2.2.4. Alt Ekstremitte Dizilim Değerlendirmesi

Dizilim değerlendirilmesi genellikle klinik gözlemle başlar, çocuğun yaşına bağlı olarak ayağa kalkması, yürümesi ve daha sonra uzanması ile devam eder. Çocuğa yandan bakıldığında, servikal omurgadan kalça, diz ve ayak bileği eklemlerinin merkezlerine dikey olarak düz bir çizgi geçmelidir. Kifoza veya skolyoz gibi omurga deformiteleri, dengeleyici bir duruş esnasında belirgin alt ekstremitte deformiteleri olarak ortaya çıkabilir. Hastadan yürümesini istemek ve baş hareketlerini, omuz yüksekliğini, omurga dengesini ve pelvik eğriliği gözlemlemek de deformiteleri ortaya çıkarmaya yardımcı olabilir (D. O. Ferguson ve Fernandes, 2016).

Alt ekstremitenin dizilimi standart radyografik tekniklerle değerlendirilebilir. Ancak, alt ekstremitenin mekanik ve anatomik eksenleri, yalnızca ayak bileği ve kalça pozisyonları biliniyorsa kesin olarak değerlendirilir. Hastanın ayakları üzerinde dik pozisyonda elde edilen görüntüleri, eklem boşluğu da dahil olmak üzere tibiofemoral diz kompartmanlarının durumlarının değerlendirilmesine izin verir. Patellofemoral eklem değerlendirilmesi için skyline veya Merchant görünümü kullanılır. Ancak

bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) daha detaylı bilgiler verebilir (Luís ve Varatojo, 2021).

Dizde valgus deformitesi varsa, en basit ölçüm olarak her iki dizi bir araya getirerek ayak bileği intermalleolar mesafesini ölçmektir. Varus diz deformitesi ise, her bir medial femoral epikondil arasındaki mesafe ile ölçülebilir (Işın ve Melekoğlu, 2020a). Hasta sırtüstü yatarken, her iki bacak uzunluğu ASIS'den medial malleol'e kadar ölçülebilir. Bu aynı zamanda her iki uzuvları birlikte gözlemlene ve herhangi bir asimetri hakkında yorum yapma fırsatı verir. Bir ekstremitede sabit fleksiyon deformitesi varsa, karşılaştırmak için karşı ekstremita aynı pozisyona getirilmelidir. Galleazi testi ve Bryant testi, uzuv kısalmasının nerede meydana geldiğini belirlemek için kullanılabilir. Kalça versiyonu Craig'in veya Gage'in testleri ile değerlendirilebilir. Hem kalça hem de dizin hareket aralığı daha sonra test edilmelidir (abduksiyon, adduksiyon, fleksiyon ve ekstansiyon). Kalçadaki fleksiyon deformitesi de Thomas testi ile değerlendirilmelidir (D. O. Ferguson ve Fernandes, 2016).

Alt ekstremitenin hem mekanik hem de anatomik eksenidir. Mekanik eksen, pelvis düz olduğunda tüm vücut ağırlığının her iki kalçadan her iki ayak bileğine düz bir çizgide hareket ettiğini varsayan bir eksen olarak tanımlanır. Bu eksen, hastadan her iki bacağı görüntüleyecek kadar büyük bir görüntüleme plakasına karşı durması istenerek çekilen radyografilerden elde edilen görüntüler kullanılarak ölçülebilir. Seri radyografiler alınması durumunda ise, bunlar doğru bir şekilde birleştirilmelidir. Koronal düzlemde, patella ileriye dönük olmalı ve pelvis, daha kısa bir uzuv altında bloklar kullanılarak düz olmalıdır. Sagittal düzlemde, görünümün engellenmesini önlemek için bacaklar bir bacak düz ve diğeri öne doğru bükülmüş olarak ayrı ayrı görüntülenmelidir. Femurun sagittal düzlemdeki mekanik eksen, femoral anteversiyonu nedeniyle genellikle kemiğin dışından geçer, bu nedenle anatomik eksen daha sık kullanılır. Anatomik eksen, kemiğin merkezinde bir yol izler ve koronal planda femurun mekanik ekseninden genellikle altı derece sapar (D. O. Ferguson ve Fernandes, 2016).

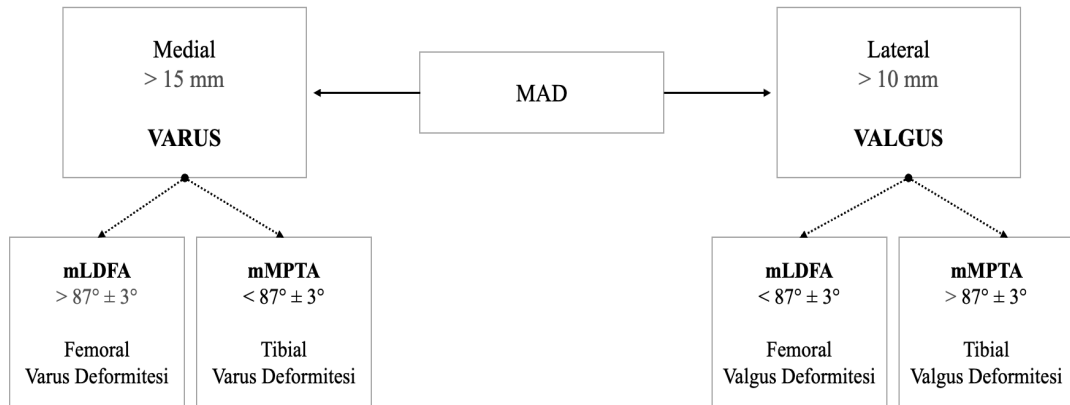
2.2.5. Alt Ekstremitte Deformite Analizi

Dizilim Bozukluğu (Malalignment)

Dizilim bozukluğu, frontal düzlemde kalça, diz ve ayak bileğinin dizilimindeki deformitesini ifade eder. Bu nedenle, MAD normal değerler aralığını (8 ± 7 mm. medial) geçerse, kalça, diz ve ayak bileğinde dizilim bozukluğu olduğunu gösterir. Frontal planda MAD dört anatomik bölgeden kaynaklanabilir (Paley, 2002).

1. Femoral frontal plan deformitesi
2. Tibial frontal plan deformitesi;
3. Frontal plan diz eklem laksitesi (Subluksasyon veya çıkıklar dahil)
4. Femoral veya tibial kondiler eksiklik.

Bu kaynaklar ayrıca kemikli, interosseöz ve kondiler olarak da sınıflandırılabilir (Paley, 2002). Paley ve Tetsworth (1992) MAD'nin kaynaklarını belirlemek için bir dizilim bozukluğu malalignment testi (MAT) tasarladı (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. Dizilim bozukluğu değerlendirilmesi.

MAD'ın belirlenmesi

Kalça, diz ve ayak bileğinin merkez noktaları belirlenir. Sonra, femur başının ortasından ayak bileğinin merkezine doğru bir çizgi çizilir. Bu çizginin kesişme noktasını diz eklemi çizgisiyle işaretlenir. Bu kesişme noktasından dizin merkezine olan dik mesafe MAD'dır (Şekil 2.15.a; Paley, 2002'den alınmıştır). MAD'ın yönü diz merkezine medial veya lateral olarak belirtilmelidir. Normal ortalama MAD 8 ± 7 mm medialdir (Paley, 2002).

1.Adım: mLDFA'nın ölçülmesi

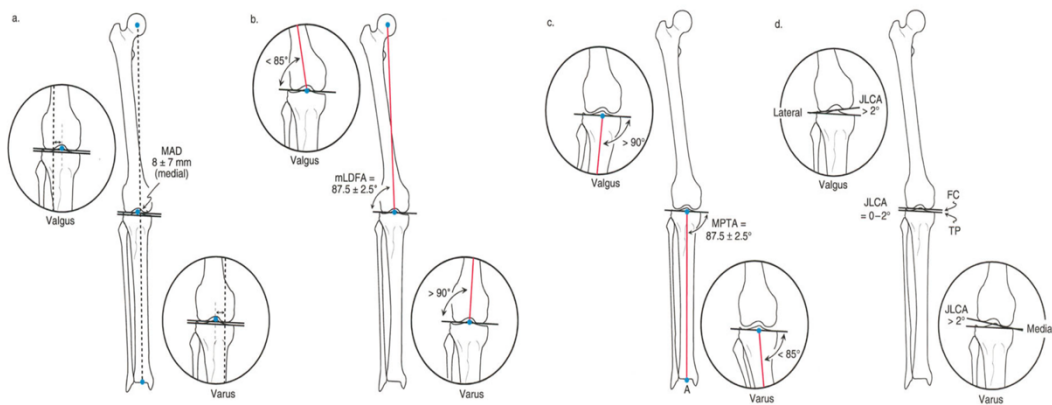
Distal femoral eklem oryantasyon çizgisini çizilir. Kalçanın merkezinden dizin ortasına kadar olan ikinci çizgi çizilerek femoral diz eklem hattı çizilir. Bu iki çizgi arasındaki açı mLDFA'dır (Şekil 2.15.b). Eğer mLDFA normal aralığın (85° - 90°) dışındaysa, femur MAD'ın kaynağı olarak kabul edilir (Paley, 2002).

2.Adım: MPTA'nın ölçülmesi

Proksimal tibial eklem oryantasyon çizgisi çizilir. Sonra, ayak bileğinin orta noktasından tibial diz eklemi çizgisi üzerinde dizin orta noktasına kadar ikinci çizgi çizilir. Bu iki çizgi arasındaki açı MPTA'dır (Şekil 2.15.c). Eğer MPTA normal aralığın (85° - 90°) dışındaysa, tibia MAD'ın kaynağı olarak kabul edilir (Paley, 2002).

3. Adım: JLCA'nın ölçülmesi

Femoral ve tibial diz eklemi hatları arasındaki açı JLCA ölçülür (Şekil 2.15.d). JLCA'nın küçük açılarını ($<5^{\circ}$) ölçmek için Cobb yöntemini kullanılır (Cobb, 1948). Normalde diz eklem hatları 2° ve birbirine paraleldir. 2° 'den büyük açılar MAD'nin kaynağı olarak kabul edilir. JLCA'nın normal aralığı eklem hatlarının 0° - 2° medialinde olması nedeniyle, 2° 'den büyük medial JLCA, medial MAD (varus) ve 2° 'den büyük lateral JLCA, lateral MAD (valgus) olarak değerlendirilir (Paley, 2002).



Şekil 2.15. MAD testi aşamaları

a) MAD'ın belirlenmesi, b) mLDFA'nın ölçülmesi, c) MPTA'nın ölçülmesi, d) JLCA'nın ölçülmesi

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Probleme Deneyisel Yaklaşım

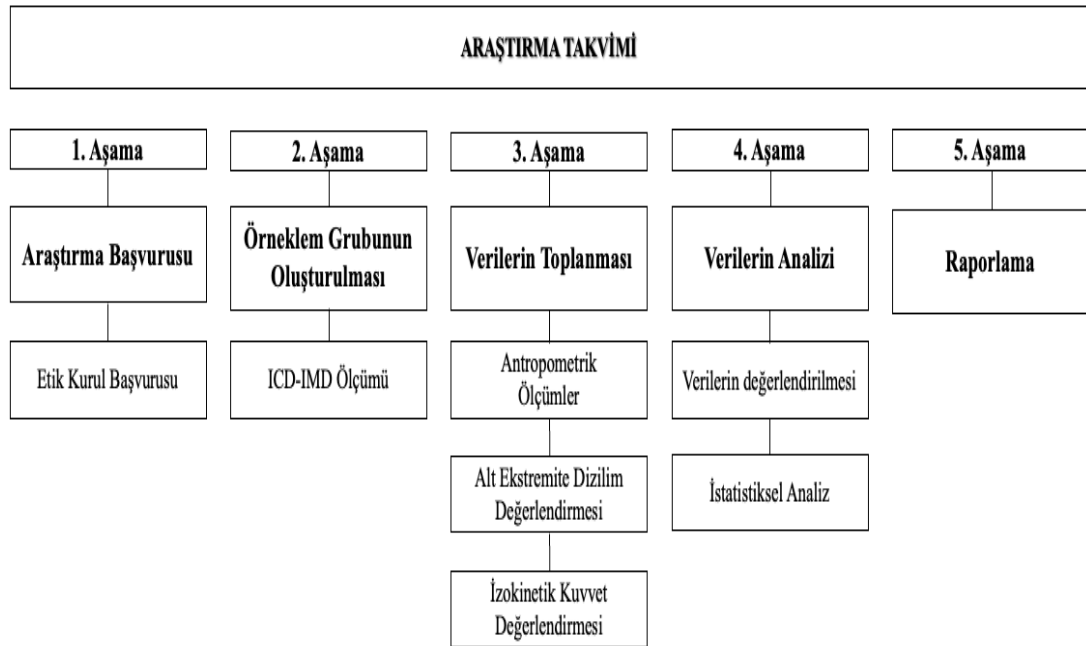
Araştırma Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (KA EK-917 / 09.12.2020) tarafından onaylanmış ve Helsinki bildirgesine uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmaya katılmayı kabul eden gönüllülere araştırma protokolü hakkında yazılı ve sözlü bilgilendirme yapılmış, gönüllüler ve ailelerinden gönüllü olur formu onayları alınmıştır. Hem MRG ve izokinetik kuvvet ölçümlerini gerçekleştiren araştırmacılara hem de katılımcılara araştırma grupları hakkında bilgi verilmeyerek araştırma çift kör desen (Double Blind) randomize kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Grupların oluşturulması aşamasında ise ilgili değişkenlerin eşleştirilmesi için tabakalı randomizasyon yöntemi kullanılmıştır.

Bu araştırmanın amacı futbolcuların alt ekstremité dizilimlerinin MRG ile değerlendirilmesi, dizilimin bozulmasının altında yatan mekanizmalar ve bunlara katkıda bulunan faktörlerin belirlenmesidir. Bununla birlikte alt ekstremité dizilimi ile izokinetik kuvvet (diz fleksiyon / ekstansiyon ve kalça abduksiyon / adduksiyon) değerleri arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır.

Araştırma örneklem grubunun oluşturulabilmesi için Türkiye Futbol Süper Ligi takımlarından Antalya Spor'un U16, U17 ve U19 gruplarında yer alan 103 futbolcunun interkondiler mesafe (ICd) ve intermalleolar mesafe (IMd) değerleri ölçülmüştür. ICd değerinden IMd değeri çıkartılarak ICd-IMd değerleri $\geq 4\text{mm}$ ve üzeri olan 18 futbolcu genu varuma sahip futbolcular olarak belirlenmiş ve normal dizilime sahip futbolcularla eşleştirilerek kontrol grubu oluşturulmuştur. Kontrol grubunu oluşturmak için alt ekstremité dizilim bozukluğunu etkileyebilecek kirlетici değişkenler olabildiğince elenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla varus dizilimine sahip her bir futbolcu ile normal dizilime sahip futbolcular eşleştirilirken tabakalı randomizasyon yöntemi ile yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve futbola katılım yılı dikkate alınarak eşleştirmeler yapılmıştır. Futbolcular tibiofemoral eklem arasındaki mesafe farkına göre (ICd-IMd) Genu Varum Grubu (GVG) ve Kontrol Grubu (KG) olarak 2 gruba ayrılmıştır.

Araştırma kapsamında gönüllülerin boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi, vücut yağ yüzdesi, diz ekstansiyon/fleksiyon izokinetik kuvveti, kalça abduksiyon/adduksiyon izokinetik kuvveti, mekanik aks deviasyonu (MAD), mekanik lateral proksimal femoral açısı (mLPFA), mekanik lateral distal femoral açısı (mLDFA), medial proksimal tibial açısı (MPTA), lateral distal tibial açısı (LDTA), diz ekleme uyum açısı (JLCA), interkondiler mesafe (ICd), intermalleolar mesafe (IMd), kalça diz ayak açısı (HKA), quadriceps femoris açısı (Q açısı), tibial torsiyon (TT), femoral anteversiyon (FA), tibial tüberkül- troklear oluk (TT-TG) mesafesi, tibial tüberkül-arka çapraz bağ (TT-PCL), femur uzunluğu (FL), tibia uzunluğu (TL) ve bacak uzunluğu (LL) değerleri ölçülmüştür.

Araştırma kapsamında ölçümler Şekil 3.1. de belirtildiği sıralamayla gerçekleştirilmiştir

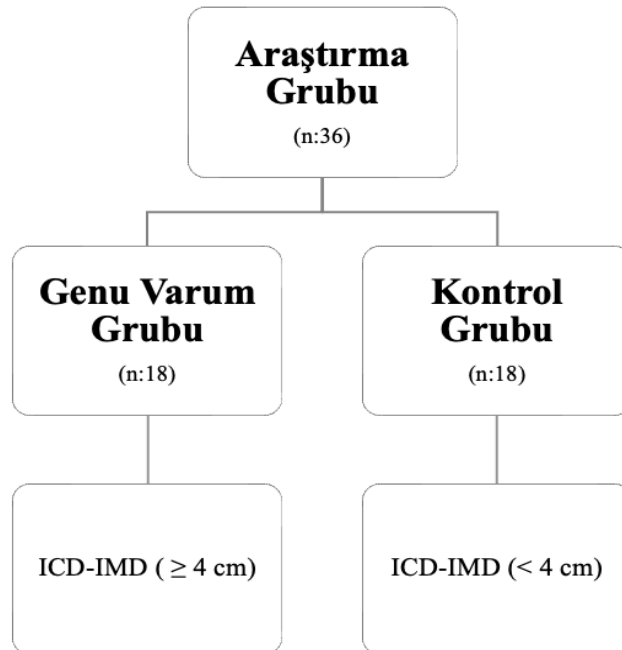


Şekil 3. 1. Araştırma takvimi

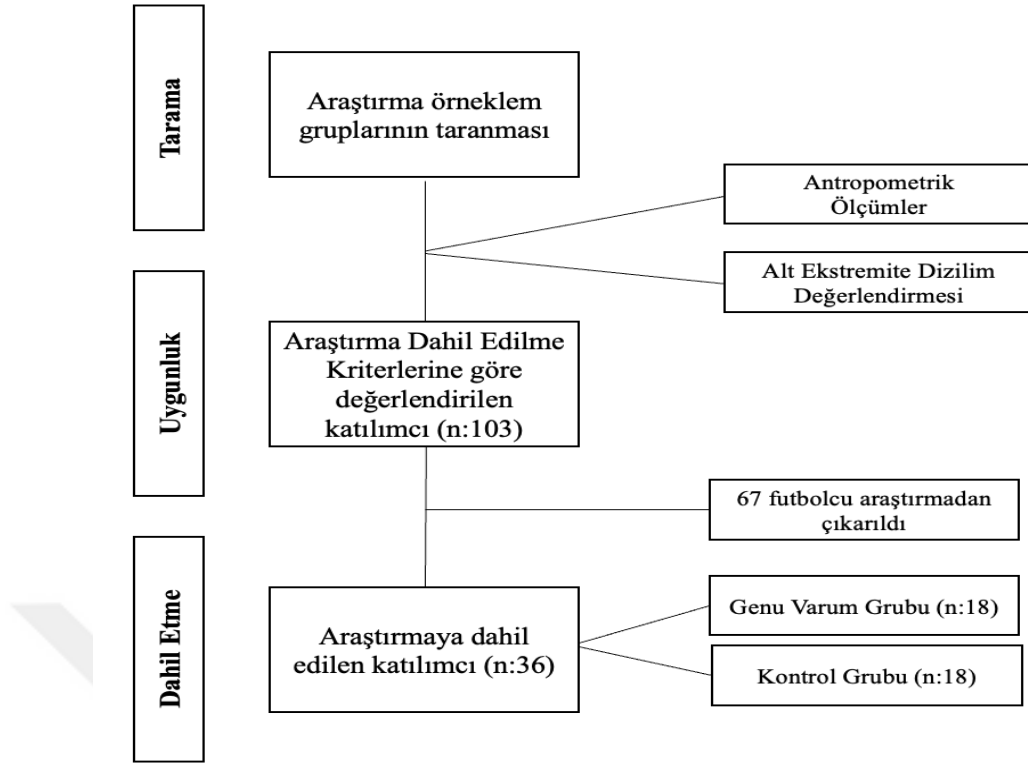
3.2. Katılımcılar

Krajnc ve ark. (2019) çalışması baz alınarak hesaplamaları yapılan güç analizi (G*Power) (Faul ve ark., 2007) sonucunda; etki büyüklüğü medial proksimal tibia açısı için $f=1,694$ olarak hesaplanmış ve 0.05 hata payı ve 0.95 güç ile yapılan analiz sonucunda minimum örneklem sayısı her grup için 9 olarak hesaplanmıştır. Aynı çalışmadaki başka bir değişken (kalça diz ayak bileği açısı, KDA) için etki büyüklüğü $f=1.749$ olarak hesaplanmış ve minimum örneklem sayısı 8 olarak tespit edilmiştir. Örneklem sayısı verilerin parametrik dağılmama ihtimaline karşın ve ayrıca örneklem kaybı olabileceği düşüncesiyle arttırılarak her grup için 18 olarak belirlenmiştir.

Futbolcular ICd ve IMd ölçümleri sonrasında tibiofemoral eklem arasındaki mesafe farkına göre (ICd-IMd) Genu Varum Grubu (GVG; n=18) ve Kontrol Grubu (KG; n=18) olarak 2 gruba ayrılmıştır (Şekil 3.2.). Araştırmaya Türkiye Futbol Süper Ligi takımlarından Antalya Spor'un U16, U17 ve U19 gruplarında yer alan, en az 5 yıl futbol geçmişine sahip, haftada beş gün futbol antrenmanlarına katılan ve resmi maçlarda oynayan elit futbolcular dahil edilmiştir.



Şekil 3. 2. Araştırma örneklem grupları



Şekil 3. 3. Araştırma dahil edilme süreci

Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri

1. 16 yaş ve üzeri olma,
2. Gönüllü olma,
3. ICd-IMd ölçümleri 0-8 cm arasında olma,
4. Velisi tarafından araştırmaya katılması uygun bulunma,
5. Vücut kütle indeksi normal sınırları içinde olma,
6. Postür bozukluğu bulunmama (skolyoz vb.)
7. Daha önce diz yaralanması, alt ekstremitelerde kas, kemik, bağ yaralanması geçirmiş olmama,
8. Ekstremité eşitsizliği olmama,
9. Son 6 ay içinde alt ekstremité ağrısı olmama,
10. Haftada en az 5 gün futbol antrenmanlarına katılıyor olma,
11. En az 5 yıllık futbol antrenman geçmişine sahip olma,

Araştırmadan Çıkartma Kriterleri

1. Gönüllünün araştırmadan ayrılmayı isteği,
2. Gönüllünün ölçümlerden en az birine katılmaması,
3. Ölçümler esnasında yaralanma,

3.3. Antropometrik Ölçümler

3.3.1. Boy Uzunluğu

Boy ölçümleri ACSM protokolüne uygun olarak, duvara monte edilmiş stadiometre (Holtain 98.602VR stadiometre, İngiltere) kullanarak ölçülmüştür. Ölçümleri standartlaştırmak için tüm katılımcılardan ayakkabı ve çoraplarını çıkartmaları istenmiştir ve ölçümler çıplak ayak ölçülmüştür (Riebe ve ark., 2018).

3.3.2. Vücut Ağırlığı

Vücut ağırlığı ölçümleri ACSM protokolüne uygun olarak, katılımcılar minimum kıyafet giymiş ve cepleri boşken, kalibre edilmiş bir elektronik tartı (BOD POD) kullanılarak ölçülmüştür (Riebe ve ark., 2018).

3.3.3. Vücut Yoğunluğu ve Yağ Yüzdesi

Vücut yoğunluğu, hava-deplasmanlı pletismografisi (BOD POD) ile ölçülmüştür (McCrory ve ark., 1995) (Şekil 3.4.). Ölçümler öncesi BOD POD, 50 L'lik bir silindir kullanılarak üreticinin yönergelerine göre kalibre edilmiş ve katılımcılardan üreticinin tavsiyesine göre giysiler (mayo ve bone) giymeleri istenmiştir. Daha önce belirtildiği gibi, her katılımcı kalibre edilmiş elektronik tartıda tartılmış ve ardından BODPOD kabinine girmiştir (Bentzur ve ark., 2008). Her katılımcının vücut yoğunluğu Brozek (1963) denklemi kullanılarak vücut yağ yüzdesine dönüştürülmüştür.

$$\text{Yağ Yüzdesi \%} = (457 / \text{vücut yoğunluğu}) - 414.2$$



Şekil 3. 4. BODPOD

3.3.4. Vücut Kütle İndeksi

Vücut kütle indeksi (VKİ) ağırlığın boy ile ilişkisini değerlendirmek için kullanılmış ve kilogram cinsinden vücut ağırlığının, metre cinsinden boyun karesine (kg/m^2) bölünmesiyle hesaplanmıştır.

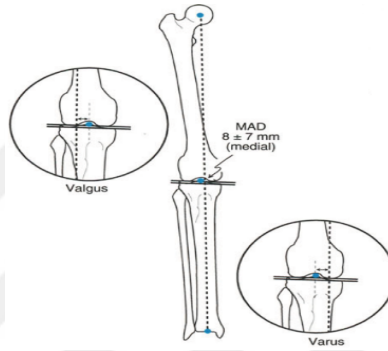
3.4. Alt Ekstremité Diziliminin Değerlendirmesi

Alt ekstremité diziliminin değerlendirilmesi için literatürde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en yüksek geçerlilikte olanı radyografik değerlendirmedir. Ancak radyografik değerlendirmeler çocukları radyasyona maruz bıraktığı için etik olarak sağlıklı çocuk ve gençlerde uygulanması uygun değildir (Arazi ve ark., 2001). Bu nedenle alt ekstremitenin genu varum parametreleri için değerlendirilmesi için herhangi bir risk içermeyen MRG cihazı kullanılmıştır.

Alt ekstremité diziliminin değerlendirilmesi için MAD, mLPFA, mL DFA, MPTA, LDTA, JLCA, ICd, IMd, HKA, Q açısı, TT, FA, TT-TG, TT-PCL, FL, TL ve LL değerleri ölçülmüştür. Ölçümler her iki bacak için ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

3.4.1. Mekanik Aks Deviasyonu (MAD) Ölçümü

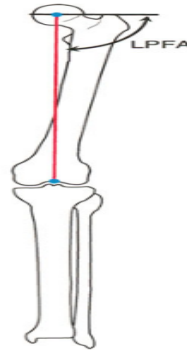
Frontal düzlemde mekanik eksen çizgisi ile dizin merkezi arasındaki mesafe MAD olarak adlandırılmış. Kalça, diz ve ayak bileği eklemlerinin merkez noktaları belirlenmiştir. Daha sonra femur başının merkezinden ayak bileğinin merkezine bir çizgi çizilmiş ve bu çizginin diz eklem çizgisi ile kesişme noktası işaretlenmiştir. Bu kesişim noktasından diz merkezine dik olan mesafe MAD olarak ölçülmüştür (Şekil 3.5.; Paley, 2002'den alınmıştır). Normal MAD aralığı, eklemin merkezine göre 1-15 mm medial olarak kabul edildiği için, 15 mm'den büyük olan medial MAD varus ve 15 mm'den büyük lateral MAD valgus olarak değerlendirilmiştir (Paley, 2002).



Şekil 3. 5. Mekanik aks deviasyonu

3.4.2. Mekanik Lateral Proksimal Femoral Açı (mLPFA) Ölçümü

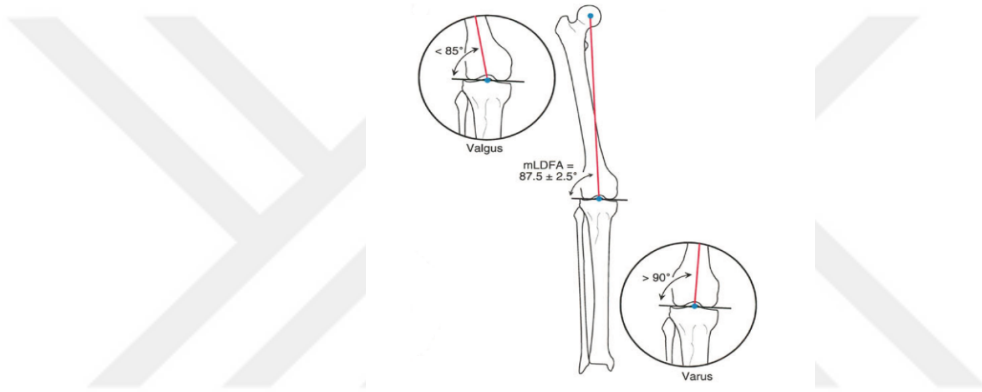
Kalça eklemi oryantasyon çizgisini çizilmiştir. Daha sonra femurun mekanik eksen çizgisini çizilmiştir. Bu iki çizgi arasındaki açı mLPFA olarak ölçülmüştür (Şekil 3.6.; Paley, 2002'den alınmıştır). LPFA $90 \pm 5^\circ$ 'lik normal aralığın dışında olduğu tespit edildiğinde, kalça eklemi hattı femoral mekanik eksene göre bozuk olarak değerlendirilmiştir (Paley, 2002).



Şekil 3. 6. Mekanik Lateral proksimal femoral açı

3.4.3. Mekanik Lateral Distal Femoral Açı (mLDFA) Ölçümü

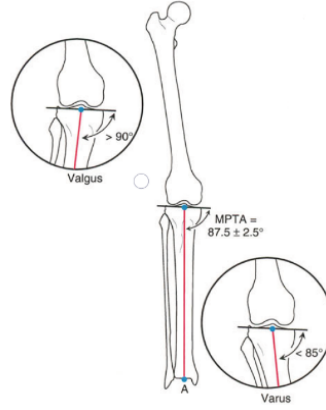
mLDFA, Femurun mekanik eksen çizgisi ile femurun frontal düzlemde diz eklemi çizgisi arasında oluşan lateral açıdır. Distal femoral eklem oryantasyon çizgisi çizilmiştir. Daha sonra kalçanın merkezinden dizin orta noktasına, femoral diz eklemi hattında (femoral mekanik eksen) ikinci çizgi çizilmiştir. Bu iki çizgi arasındaki açı mLDFA olarak ölçülmüştür (Şekil 3.7.; Paley, 2002'den alınmıştır). mLDFA normal aralığın (85° - 90°) dışındaysa, femur MAD'e katkıda bulunmaktadır. Bu nedenle, 85° 'den küçük LDFA, femoral kemik deformitesinin lateral MAD (valgus), 90° 'den büyük LDFA, femoral kemik deformitesinin medial MAD (varus) kaynağı olarak değerlendirilmiştir (Paley, 2002).



Şekil 3. 7. Mekanik lateral distal femoral açı

3.4.4. Medial Proksimal Tibial Açı (MPTA) Ölçümü

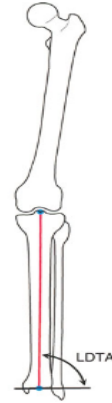
Proksimal tibial eklem oryantasyon çizgisi çizilmiştir. Daha sonra ayak bileğinin orta noktasından tibial diz eklem çizgisi üzerinde dizin orta noktasına bir çizgi çizilmiştir. Bu iki çizgi arasındaki açı MPTA olarak ölçülmüştür (Şekil 3.8.; Paley, 2002'den alınmıştır). MPTA normal aralığın (85° - 90°) dışındaysa, tibia MAD'e katkıda bulunduğu düşünüldüğü için, 90° 'den büyük MPTA, tibial deformitenin lateral MAD (valgus) ve 85° 'nin altındaki MPTA, tibial deformitenin medial MAD (varus) olarak değerlendirilmiştir (Paley, 2002).



Şekil 3. 8. Medial proksimal tibial açı

3.4.5. Lateral Distal Tibial Açı (LDTA) Ölçümü

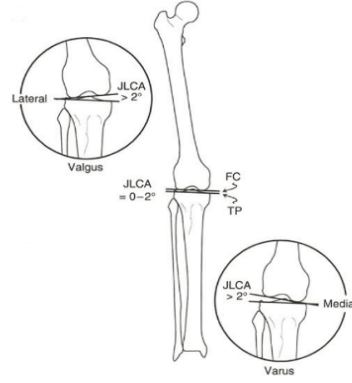
Femurun mekanik eksen ile frontal düzlemde femurun diz eklem hattı arasında oluşan lateral açıdır. Femurun mekanik eksen çizgisi çizilmiştir. Daha sonra frontal düzlemde femurun diz eklem hattı belirlenmiştir. Bu iki çizgi arasındaki açı LDTA olarak ölçülmüştür (Şekil 3.9.; Paley, 2002’den alınmıştır);



Şekil 3. 9. Lateral distal tibial açı

3.4.6. Diz Eklem Uyum Açısı (JLCA) Ölçümü

Femoral ve tibial diz eklem oryantasyon çizgileri arasındaki açı JLCA olarak ölçülmüştür (Şekil 3.10.; Paley, 2002’den alınmıştır). JLCA’nın normal aralığı eklem hatlarının 0°-2° medial olması nedeniyle, 2°’den büyük medial JLCA, medial MAD (varus) ve 2°’den büyük lateral JLCA, lateral MAD (valgus) olarak değerlendirilmiştir (Paley, 2002).



Şekil 3. 10. Diz eklem uyum açısı

FC, femoral kondil; TP, tibial plato

3.4.7. İnterkondiler Mesafe (ICd) Ölçümü

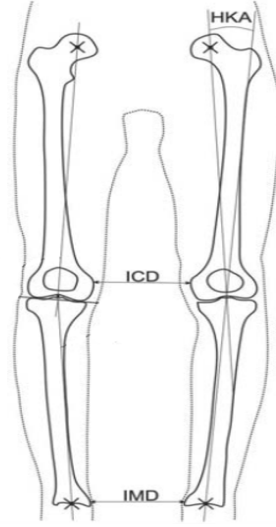
İnterkondiler mesafe genu varum düzeyini belirlemek için kullanılmıştır. Gönüllülerden ayakları omuz genişliğinde açarak, kalça, diz ve ayak bileklerini serbest konuma getirmeleri ve daha sonra medial kondiller veya malleoller birbirine değene kadar yaklaştırmaları istenmiştir. Medial tibial malleolus kemikleri birbirine değdiği zaman medial femoral interkondiler arasındaki mesafe 0.01 mm hassasiyetinde kaliper kullanılarak milimetre (mm) cinsinden ölçülmüştür (Rezende ve ark., 2011). Ölçümler düz zemin üzerinde ve ayaklar çıplak olarak alınmıştır (Cheng ve ark., 1991) (Şekil 3.11.; Thaller ve ark., (2018)’den alınmıştır).

3.4.8. İntermalleolar Mesafe (IMd) Ölçümü

İntermalleolar mesafe genu valgum düzeyini belirlemek için kullanılmıştır. Gönüllülerden ayakları omuz genişliğinde açarak, kalça, diz ve ayak bileklerini serbest konuma getirmeleri getirmeleri ve daha sonra medial kondiller veya malleoller birbirine değene kadar yaklaştırmaları istenmiştir. Medial femoral interkondiler kemikleri birbirine değdiği zaman medial tibial malleolus arasındaki mesafe 0.01 mm hassasiyetinde kaliper kullanılarak milimetre (mm) cinsinden ölçülmüştür (Rezende ve ark., 2011). Ölçümler düz zemin üzerinde ve ayaklar çıplak olarak alınmıştır (Cheng ve ark., 1991) (Şekil 3.11.).

3.4.9. Kalça-Diz-Ayak Bileği Açısı (HKA) Ölçümü

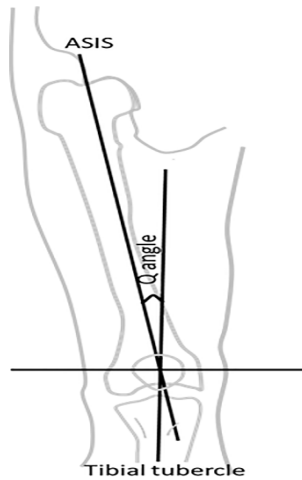
Kalça-diz-ayak bileği açısı (HKA), femur ve tibianın mekanik eksenleri arasındaki açı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.11.). Nötr hizalaması olan sağlıklı yetişkinlerde, HKA 1.0° ile 1.5° varus arasın olarak değerlendirilmektedir (Sheehy ve ark., 2011).



Şekil 3. 11. ICd, IMd ve HKA

3.4.10. Quadriceps Femoris Açısı (Q Açısı) Ölçümü

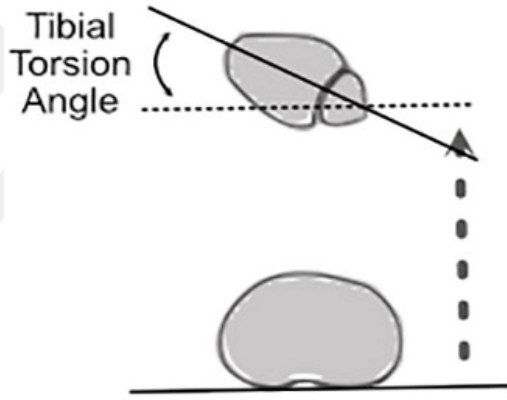
Anterior superior iliyak spine'dan (ASİS), patella orta noktasına ve oradan tibial tüberküle çizilen çizgiler arasındaki açı ölçülmüştür (Cowan ve ark., 1996) (Şekil 3.12.; Khasawneh ve ark. 2019'dan alınmıştır). Gönüllülerin sol diz Q açısı (SOQ) ve sağ diz Q açısı (SAQ) ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 3. 12. Quadriceps femoris açısı

3.4.11. Tibial Torsiyon (TT) Açısı Ölçümü

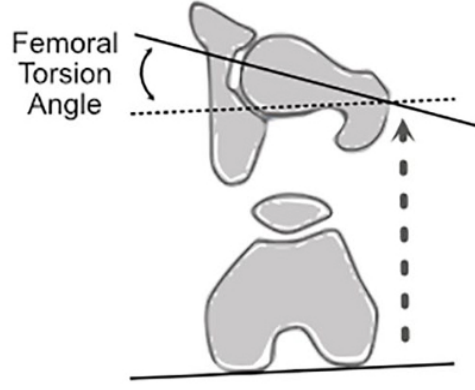
Tibial torsiyon, proksimal tibia'nın distal tibiya göre dönme açısı ölçülerek değerlendirilmiştir (Şekil 3.13.; Luís ve Varatojo, 2021'den alınmıştır). Proksimal tibianın torisyonu, tibial platonun arka sınırı boyunca bir çizginin çizildiği, femorotibial eklem ile fibular baş arasındaki alandan seçilen eksenel bir dilimden belirlenmiştir. Distal tibianın torisyonu, medial ve lateral malleolün iyi değerlendirilebildiği eksenel bir dilimde belirlenmiştir. Distal tibianın rotasyonel açısı, yatay düzlem ile medial ve lateral malleolün merkezleri boyunca çizilen düz bir çizgi arasındaki açı olarak tanımlanmıştır. Tibial torsiyon daha sonra proksimal ve distal tibia arasındaki açı olarak ölçülmüştür ve pozitif açılar, proksimal tibiya kıyasla distal tibianın dış rotasyonunu olarak değerlendirilmiştir (Diederichs ve ark., 2013).



Şekil 3. 13. Tibial tosiyon açısı

3.4.12. Femoral Anteversiyon (FA) Açısı Ölçümü

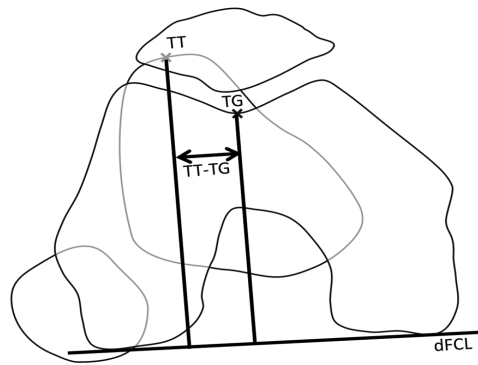
Femoral antetorsiyon, femur boynu eksenini ile distal femur arasında oluşan açı olarak tanımlanmıştır (Şekil 3.14.; Luís ve Varatojo, 2021'den alınmıştır). Femur boynu eksenini femur baş merkezini ve orta femur boynunu birleştiren bir çizgi ile ve distal femur eksenini, medial ve lateral femoral kondillerin en arka noktalarından geçen bir çizgi ile tanımlanmıştır. Femur boynu ile distal femur eksenini arasındaki pozitif dereceler femoral antetorsiyon olarak; negatif değerler femoral retrotorsiyon olarak değerlendirilmiştir (Diederichs ve ark., 2013).



Şekil 3. 14. Femoral anteversiyon açısı

3.4.13. Tibial Tüberkül-Troklear Oluk (TT-TG) Mesafesi Ölçümü

TT-TG mesafesi, Schoettle ve ark. (2006) tarafından kullanılabilecek çok benzer bir teknik kullanılarak ölçülmüştür. Hesaplamalar için bony landmarks kullanılmıştır. Cartilaginous landmarks dikkate alınmamış; ancak, patellar tendon tibial tüberkülün merkezini belirlemeye yardımcı olmak için kullanılmıştır. Troklear oluk konumu, femoral kondillerin posterior kortekslerinin iyi tanımlandığı seviyede troklear oluğun en derin noktası olarak belirlenmiştir. Arka kondiler çizgi, arka kondiler kortekslere teğet olarak oluşturulmuştur. Troklear çizgi, arka kondiler çizgiye dik ve troklear oluğun en derin noktasından geçerek oluşturulmuştur. TT-TG mesafesi, troklear çizgiye dik olarak çizilen ve tibial tüberkül konumu ile troklear çizgiyi birleştiren bir hattın uzunluğu ile belirlenmiştir (Camp ve ark., 2013) (Şekil 3.15.; Seitlinger ve ark., 2012'den alınmıştır).

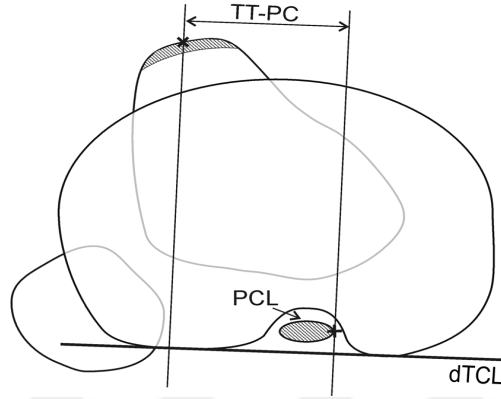


Şekil 3. 15. Tibial tüberkül-troklear oluk mesafesi.

TG, troklear oluk; TT, tibial tüberkül; TT-TG, tibial tüberkül-troklear oluk mesafesi; dFCL, dorsal femoral kondiler çizgi.

3.4.14. Tibial Tüberkül-Arka Çapraz Bağ (TT-PCL) Mesafesi Ölçümü

Tibial tüberkül-arka çapraz bağ (TT-PCL) mesafesi, patellar tendonun girdiği orta nokta ile PCL'nin medial sınırı arasındaki mediolateral mesafe olarak tanımlanmış ve proksimal tibia-dorsal tibia kondil hattının dorsal yönüne paralel olarak ölçülmüştür (Seitlinger ve ark., 2012) (Şekil 3.16.; Seitlinger ve ark., 2012'den alınmıştır).



Şekil 3. 16. Tibial tüberkül-arka çapraz bağ mesafesi

dTCL, dorsal tibia kondil hattı; PCL, arka çapraz bağ; TT-PCL, tibial tüberkül - arka çapraz bağ mesafesi.

3.4.15. Femur uzunluğu (FL)

Femur uzunluğu, femur başı merkezinden femoral diz eklem oryantasyon çizgisinin merkezine çizilerek ölçülmüştür.

3.4.16. Tibia uzunluğu (TL)

Tibia uzunluğu, interkondiler eminensin merkezinden ayak bilek merkezine çizgi çekilerek ölçülmüştür.

3.4.17. Bacak uzunluğu (LL)

Bacak uzunluğu, femur başı merkezinden ayak bilek merkezine bir çizgi çizilerek ölçülmüştür.

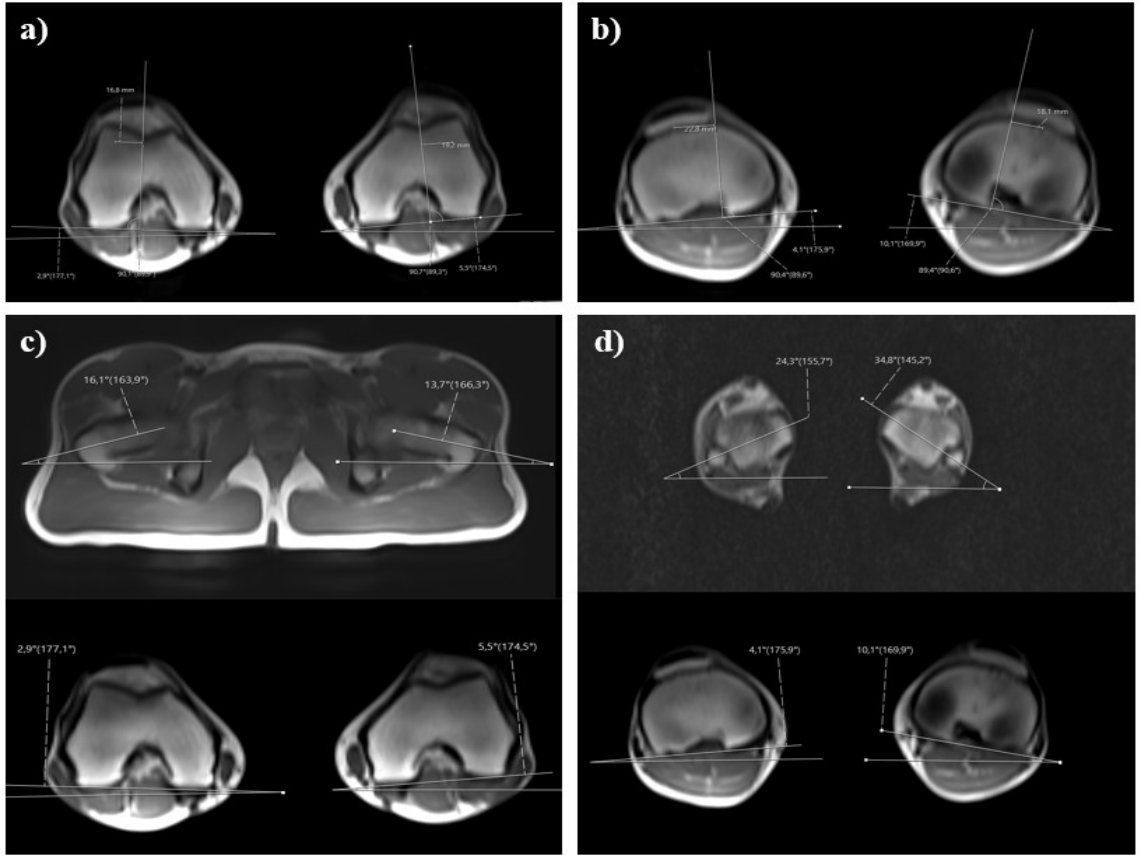
3.5. Manyetik Rezonans (MR) Protokolü

Tüm incelemeler 1.5 Tesla kapalı MRI sistemi (Magnetom Avanto, Siemens, Erlangen, Almanya) ile vücut koili ve omurga koili kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.17.). Katılımcılar, diz tam ekstansiyonda konumlandırılmış ve ayak 90 ° fleksiyonda olacak şekilde görüntüleme yapılmıştır. Tarama anterior superior iliak omurgadan ayak parmaklarının ucunu kadar ve her iki bacak görüş alanına dahil edilecek şekilde uygulanmıştır (Diederichs ve ark., 2013). Duyarlılık artefaktlarına karşı hassasiyet daha düşük olduğundan ve çekim süresi daha kısa olduğundan, görüntü elde etmek için bir turbo-spin eko (TSE) sekans kullanılmıştır. Bant genişliği, kemik yapıların uzunluk ve açı ölçümlerini bozabilecek kimyasal kayma artefaktlarını azaltmak için 500 Hz/piksel olarak ayarlanmıştır. Ayrıca, bu, eko süresi (TE) ve tekrar süresinin (TR) sırasıyla 9 ms ve 872 ms'ye indirilmesine izin vermiştir, görüntü alma hızını artırmak için TSE faktörü 8'e ayarlanmıştır. Dilim kalınlığı (SL) 8 mm idi, 128×256 matriks kullanılmıştır. Düzlemiçi çözünürlük 3.1×1.6 mm idi. Faz kodlama yönü ayaktan başa şeklinde olup FOV için frekans kodlama yönü 400 mm'ye ayarlanmış ve faz kodlama yönü 200 mm'ye düşürülmüştür. %100 faz aşırı örneklemenin (oversampling) kullanılarak, wraparound artefaktlarından kaçınılmıştır (Hinterwimmer ve ark., 2008). Gerçek koronal görüntüler, dilim kodlama yönünde 176 mm'lik (%10 boşluk) alanı kapsayan her biri 20 görüntüden oluşturulmuştur. Artımlı ve otomatik masa yeniden konumlandırma ile, ayak bileği düzeyine kadar kalça ekleminde aşağıya doğru üst üste binme veya boşluk olmadan üç ardışık görüntüleme pozisyonu elde edilmiştir. Parametreler, kısa veri toplama ile birlikte yeterli bir sinyal-gürültü oranını sağlamak için seçilmiştir. Tüm koronal görüntüler için toplam görüntüleme süresi 2:57 dakika olarak belirlenmiştir.

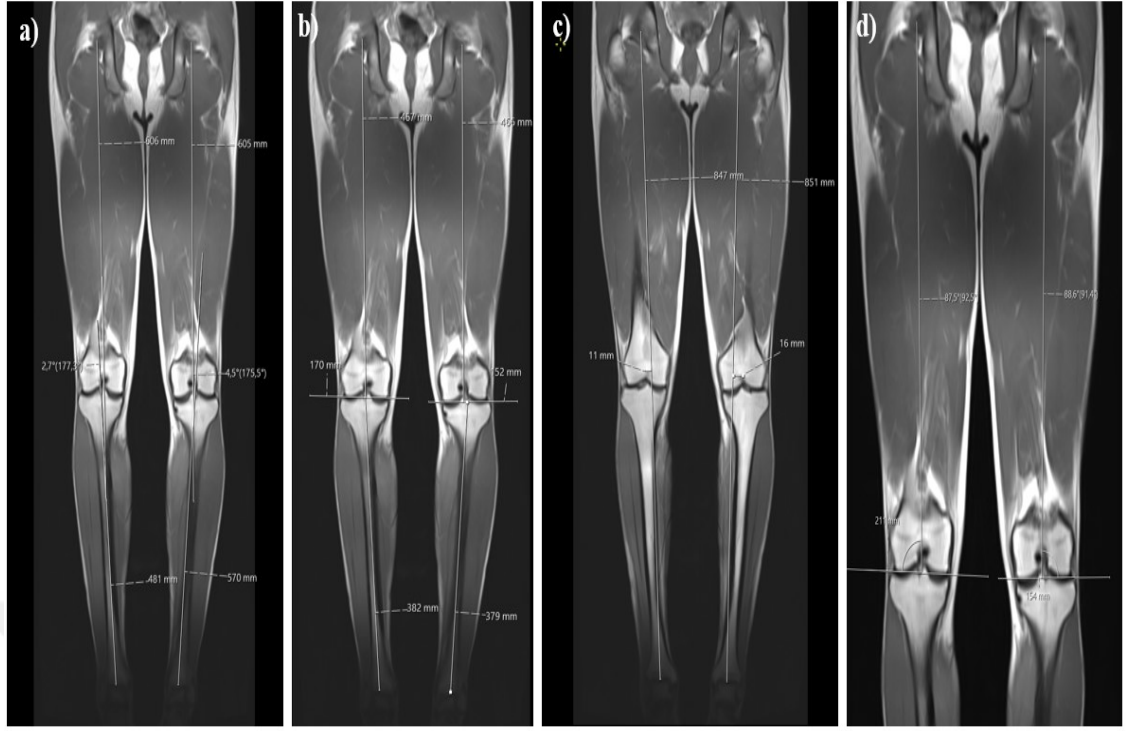
Koronal görüntülerden ayarlanarak, aynı sekans parametreleri uygulanarak femur başı ve boynu, diz ve ayak bileği boyunca ek aksiyel görüntüler elde edilmiştir. Toplam görüntüleme süresi hastaya uygun pozisyonun verilmesi de dahil edildiğinde toplam 10 dakika sürmüştür. MR incelemeleri Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji kliniğinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. 17. MR cihazı Siemens Medical Systems



a) TT-TG mesafesi, b) TT-PCL mesafesi, c) FA açısı, d) TT açısı.



a) HKA açısı, b) Femur ve Tibia uzunluğu, c) MAD, d) mLDFA

Şekil 3. 18. Alt Ekstremitte MR Görüntüleri

3.6. İzokinetik Kuvvet Ölçümleri

3.6.1. Diz Ekstansiyon / Fleksiyon

Katılımcının kalça ve dizi 90 derece fleksiyonda dinamometre koltuğunda otururken lazer işaretleme cihazı kullanılarak diz eklemine merkezi dinamometrenin merkezi ile hizalanmıştır. Katılımcıdan dinamometrenin kaldıraç kolunu mümkün olduğu kadar kuvvetli bir şekilde yukarı itmesi ve başlangıç pozisyonuna dönmesi istenmiştir. Test sırasında telafi edici gövde hareketlerini en aza indirmek için, katılımcılar, üreticinin el kitabına göre stabilize kayışlar kullanılarak sabitlenmiştir.

Konsantrik diz ekstansör ve fleksör kas kuvveti izokinetik dinamometre (IsoMed 2000; D&R Ferstl, Hemnau, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Diz eklemi izokinetik kuvvet ölçümleri 60°/sn açısal hızda 3 tekrar ve 180°/sn açısal hızda 5 tekrar olarak gerçekleştirildi.

Testten önce, her katılımcı sabit bir bisiklet ergometresi (TechnoGym, İtalya) üzerinde 70 rpm pedal hızında 10 dakikalık ısınmanın ardından özellikle alt

ekstremiteler kasları için açma germe egzersizinden oluşan genel bir ısınma aşamasını tamamlamıştır (Dirnberger ve ark., 2012). Ayrıca, katılımcılar dinamometrede ısınma amacıyla 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda submaksimal bir eforla 10 diz ekstansiyon ve fleksiyonu yapmıştır. Isınmadan sonra 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda maksimal izokinetik kuvvet ölçümleri test edilmiştir. Her ölçüm seansı öncesi dinamometre çalışma kılavuzuna göre kalibre edilmiştir. İzokinetik test esnasında, gönüllülerin en iyi performanslarını göstermeleri için sesli olarak teşvik edilmiştir. Gönüllülerin maksimum kas gücünü daha iyi yansıttığına inanıldığı için tüm testler dominant bacakta yapılmıştır. Dominant bacak, gönüllülerin mümkün olduğunca topa vurmaya için tercih ettikleri uzuv olarak tanımlanmıştır (de Marche Baldon ve ark., 2012). Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından Gloria Sport Arena Sporcu Sağlığı ve Performans Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Dinamometrenin bilgisayar ortamındaki veri toplama sistemiyle en yüksek tork değerleri ölçülerek analizlere dahil edilmiştir. Verileri vücut ağırlığına göre normalleştirmek için, ekstansiyon ve fleksiyon pik torkları vücut ağırlığına bölünmüş ve (pik tork/ vücut ağırlığı) Nm/kg olarak sunulmuştur.

3.6.2. Kalça Abduksiyon / Adduksiyon

Konsantrik kalça abduktör ve adduktör kas kuvveti izokinetik dinamometre (IsoMed 2000; D&R Ferstl, Hemnau, Almanya) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kalça eklemi izokinetik kuvvet ölçümleri 60°/sn açısal hızda 3 tekrar ve 180°/sn açısal hızda 5 tekrar olarak gerçekleştirilmiştir.

Testden önce, her katılımcı sabit bir bisiklet ergometresi (TechnoGym, İtalya) üzerinde 70 rpm pedal hızında 10 dakikalık ısınmanın ardından özellikle alt ekstremiteler kasları için açma germe egzersizinden oluşan genel bir ısınma aşamasını tamamlamıştır (Dirnberger ve ark., 2012). Ayrıca, katılımcılar dinamometrede ısınma amacıyla 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda submaksimal bir eforla 10 kalça abduksiyon ve adduksiyonu yapmışlar. Isınmadan 2 dk sonra 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda maksimal izokinetik kuvvet ölçümleri test edilmiştir. İzokinetik test esnasında, gönüllülerin en iyi performanslarını göstermeleri için sesli olarak teşvik edilmiştir. Her ölçüm seansı öncesi dinamometre çalışma kılavuzuna

göre kalibre edilmiştir. Gönüllülerin maksimum kas gücünü daha iyi yansıttığına inanıldığı için tüm testler dominant bacakta yapılmıştır. Dominant bacak, gönüllülerin mümkün olduğunca topa vurmak için tercih ettikleri uzuv olarak tanımlanmıştır (de Marche Baldon ve ark., 2012). Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından Gloria Sport Arena Sporcu Sağlığı ve Performans Merkezinde gerçekleştirilmiştir. Dinamometrenin bilgisayar ortamındaki veri toplama sistemiyle en yüksek tork değerleri ölçülerek analizlere dahil edilmiştir. Verileri vücut ağırlığına göre normalleştirmek için, adduksiyon ve abduksiyon pik torkları vücut ağırlığına bölünmüş ve (pik tork/ vücut ağırlığı) Nm/kg olarak sunulmuştur.



Şekil 3. 19. IsoMed 2000 izokinetik dinamometre

3.7. İstatistiksel Analiz

Verilerin normal dağılıp dağılmadığını tespit etmek için; basıklık-çarpıklık değerleri histogram, normal Q-Q ve kutu grafikleri incelenmiş, daha sonra Shapiro-Wilk testi

uygulanmıştır. Tüm bu incelemelerden sonra verilerin normal dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmadaki tüm veriler Jamovi (versiyon 2.3.18) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiş ve istatistiksel anlamlılık düzeyi ($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$) olarak belirlenmiştir.

Boy uzunluğu, vücut ağırlığı, vücut kütle indeksi, vücut yağ yüzdesi, diz ekstansiyon/fleksiyon, kalça abduksiyon/adduksiyon izokinetik kuvvet değerleri, MAD, mLPFA, mLDFA, MPTA, LDFA, JLCA, ICd, IMd, HKA, Q açısı, TT, FA, TT-TG, TT-PCL, FL, TL ve LL verileri ortalama $\pm$ standart sapma (Ort $\pm$ SS) olarak sunulmuştur. Alt ekstremitte diziliminin değerlendirilmesinde kullanılan anatomik ölçümlerin ve izokinetik kuvvet değerlerinin GVG ve KG arasında farklı olup olmadığını değerlendirmek için Bağımsız Örneklem T-Testi uygulanmış ve Cohen's *d* etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Etki büyüklükleri Cohen (2013) tarafından önerildiği şekilde küçük etki ($d = 0.20$), orta etki ($d = 0.50$) ve büyük etki ($d = 0.80$) olarak değerlendirilmiştir. Futbolcularda alt ekstremitte diziliminin değerlendirilmesinde kullanılan anatomik ölçümlerin, genu varum gelişiminde risk faktörü olup olmadığını anlamak için Lojistik Regresyon modeli oluşturulmuştur. Lojistik regresyon modeli için GVG ve KG grupları arasında anlamlı farklılık tespit edilen değişkenler dikkate alınmıştır. Bu değişkenlerin birbirleriyle olan korelasyonu incelenmiş ve femur ve tibia ait değişkenler arasında çoklu bağlantı durumunu analiz etmek için varyans artış faktörü incelenmiş ve lojistik regresyona alınacak değişkenler belirlenmiştir. Futbolcularda genu varum düzeyi ile alt ekstremitte diziliminin anatomik ölçümleri arasındaki ilişki için Pearson korelasyon katsayısı hesaplandı.

Tüm MR değerlendirmeleri aynı 10 yıllık MR değerlendirme tecrübesine sahip radyoloji uzmanı tarafından değerlendirilmiş ve gözlemci içi tekrarlanabilirlik, rastgele seçilen 10 katılımcıda (20 bacak) tüm parametreler için sınıf içi korelasyon katsayıları (ICC) ve %95 güven aralıkları (%95 CI) hesaplanarak belirlenmiştir (Diederichs ve ark., 2013). ICC, güvenilirlik değerleri için 0.5'in altındaki değerler zayıf düzeyde güvenilirlik, 0.5 ile 0.75 arası orta düzeyde güvenilirlik, 0.75 ile 0.9 arası iyi düzeyde güvenilirlik ve 0.9'un üzerindeki herhangi bir değer mükemmel düzeyde güvenilirlik olarak kabul edilmiştir. (Koo ve Li, 2016).

4. BULGULAR

Araştırmaya katılan 36 futbolcuya ait demografik değişkenler Tablo 4.1.'de sunulmuştur. Futbolcular demografik değişkenler açısından eşleştirildiği için gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.1. Demografik değişkenler

Değişkenler	GVG (n:18)	KG (n:18)	p	Cohen's <i>d</i>
Yaş (yıl)	16.83 ± 1.14	16.96 ± 1.06	.740	-0.11
Boy uzunluğu (cm)	179.97 ± 6.25	179.50 ± 6.86	.830	0.07
Vücut ağırlığı (kg)	69.39 ± 7.62	69.50 ± 5.76	.958	-0.02
Vücut yağ yüzdesi (%)	10.13 ± 2.46	12.04 ± 3.48	.065	-0.64
Vücut kütle indeksi (kg/m ²)	21.19 ± 1.65	21.57 ± 1.40	.732	-0.12
Futbola katılım (yıl)	8.83 ± 1.54	8.61 ± 1.38	.652	0.15

GVG: Genu Varum grubu, KG: Kontrol grubu, ICd-IMd: İnterkondiler mesafe - intermalleolar mesafe

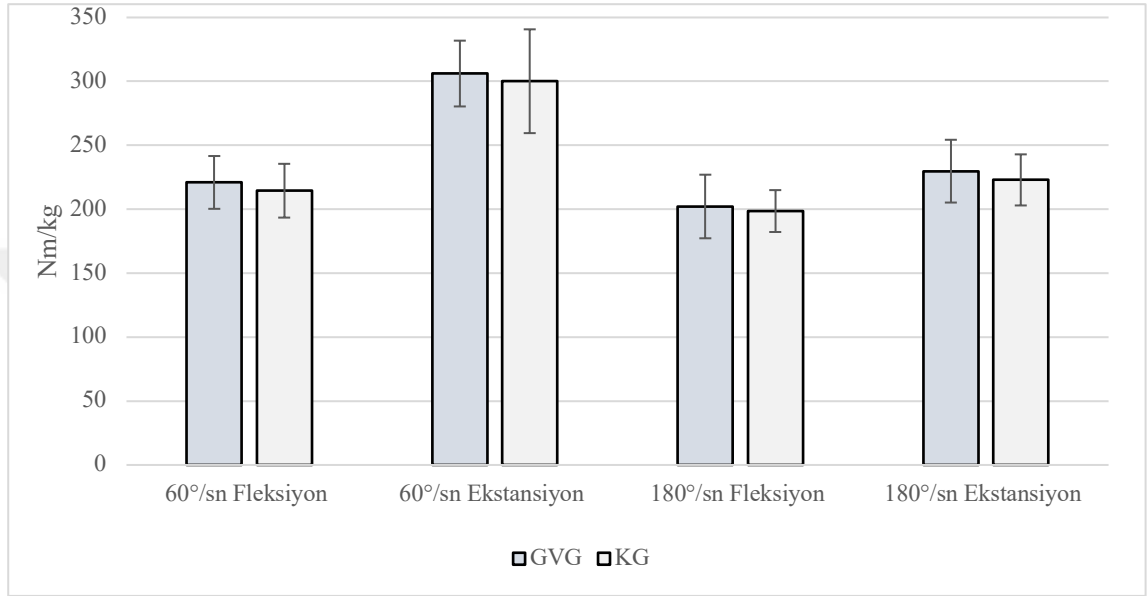
Dizilim bozukluğunun tespit edilmesi için kullanılan ICd-IMd değerleri GVG için 56.52 ± 9.96 mm KG için 18.71 ± 12.04 mm olarak ölçülmüştür. ICd-IMd değerleri gruplar arasında karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı olarak farklı tespit edilmiştir ($p<0.05$; Cohen's *d*: 3.42). Futbolcuların 60°/sn'lik ve 180°/sn'lik açısal hızlarda diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet verileri Tablo 4.2.'de sunulmuştur.

Tablo 4.2. Diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet değerleri

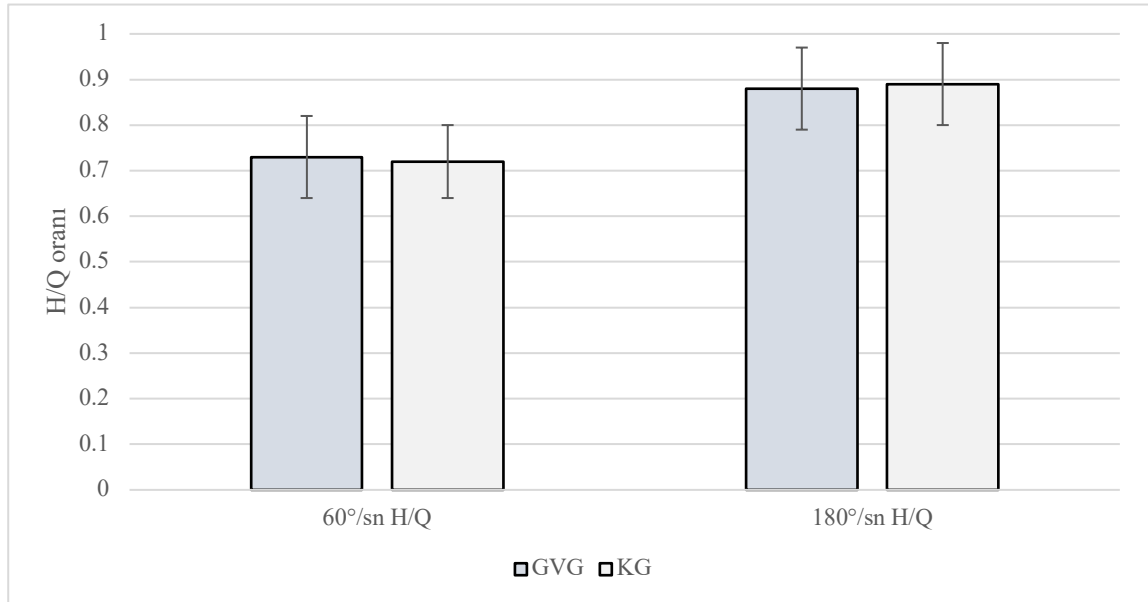
Diz İzokinetik Kuvvet Değerleri (Nm/kg)	GVG (n:18)	KG (n:18)	p	Cohen's <i>d</i>
Fleksiyon Kuvveti	220.98 ± 20.65	214.50 ± 21.03	.358	0.31
60°/sn Ekstansiyon Kuvveti	306.14 ± 25.73	300.13 ± 40.59	.599	0.18
H/Q oranı	0.73 ± 0.09	0.72 ± 0.08	.858	0.06
Fleksiyon Kuvveti	202.16 ± 24.87	198.59 ± 16.38	.614	0.17
180°/sn Ekstansiyon Kuvveti	229.79 ± 24.55	222.95 ± 19.98	.365	0.31
H/Q oranı	0.88 ± 0.09	0.89 ± 0.09	.710	-0.12

GVG: Genu Varum grubu, KG: Kontrol grubu, H/Q: Hamstring/Quadriceps izokinetik kuvvet oranı

Futbolcuların 60°/sn'lik ve 180°/sn'lik açısal hızlarda diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde; gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Futbolcuların 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet grafiği Şekil 4.1'de, 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda H/Q oran grafiği Şekil 4.2.'de ve genu varum ile diz izokinetik kuvvet değerleri arasındaki korelasyon Tablo 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4. 1. Diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet grafiği



Şekil 4. 2. Diz H/Q oran grafiği

Tablo 4.3. Genu varum ile diz izokinetik kuvvet arasındaki korelasyon

Değişkenler		1	2	3	4	5	6	7
ICd-IMd (1)	<i>r</i>	-						
60°/sn Fleksiyon (2)	<i>r</i>	.269	-					
60°/sn Ekstansiyon (3)	<i>r</i>	.080	.399*	-				
60°/sn H/Q Oranı (4)	<i>r</i>	.127	.505**	-.585***	-			
180°/sn Fleksiyon (5)	<i>r</i>	.107	.705***	.291	.352*	-		
180°/sn Ekstansiyon (6)	<i>r</i>	.120	.491**	.580***	-.127	.534***	-	
180°/sn H/Q Oranı (7)	<i>r</i>	.001	.261	-.288	.523**	.522**	-.438**	-

ICd-IMd: İnterkondiler mesafe - intermalleolar mesafe, **H/Q:** Hamstring/Quadriceps izokinetik kuvvet oranı

r: Pearson korelasyon katsayısı, **Anlamlılık düzeyleri:** $p < 0.05^*$, $p < 0.01^{**}$, $p < 0.001^{***}$

Diz izokinetik kuvvet değerleri ile genu varum düzeyi arasındaki ilişki incelendiğinde; ICd-IMd değeri ile diz izokinetik kuvvet değerleri arasında korelasyon tespit edilmemiştir ($p > 0.05$). 60°/sn'lik ve 180°/sn'lik açısal hızlardaki kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet verileri Tablo 4.4.'te sunulmuştur.

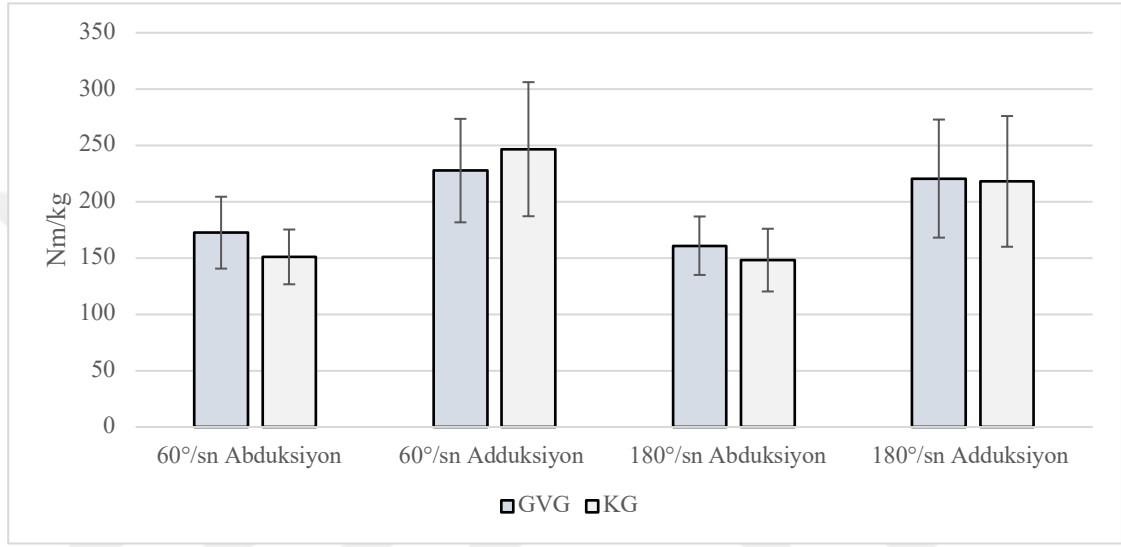
Tablo 4.4. Kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet değerleri

Kalça İzokinetik Kuvvet Değerleri (Nm/kg)	GVG (n:18)	KG (n:18)	p	Cohen's <i>d</i>
Abduksiyon Kuvveti	172.50 ± 31.91	150.99 ± 24.31	.029	0.76
60°/sn Adduksiyon Kuvveti	227.62 ± 45.95	246.62 ± 59.52	.291	-0.36
Add/Abd oranı	1.34 ± 0.25	1.65 ± 0.36	.005	-1.01
Abduksiyon Kuvveti	160.94 ± 25.95	148.14 ± 27.85	.163	0.48
180°/sn Adduksiyon Kuvveti	220.52 ± 52.42	218.03 ± 58.03	.893	0.05
Add/Abd oranı	1.41 ± 0.45	1.49 ± 0.35	.512	-0.22

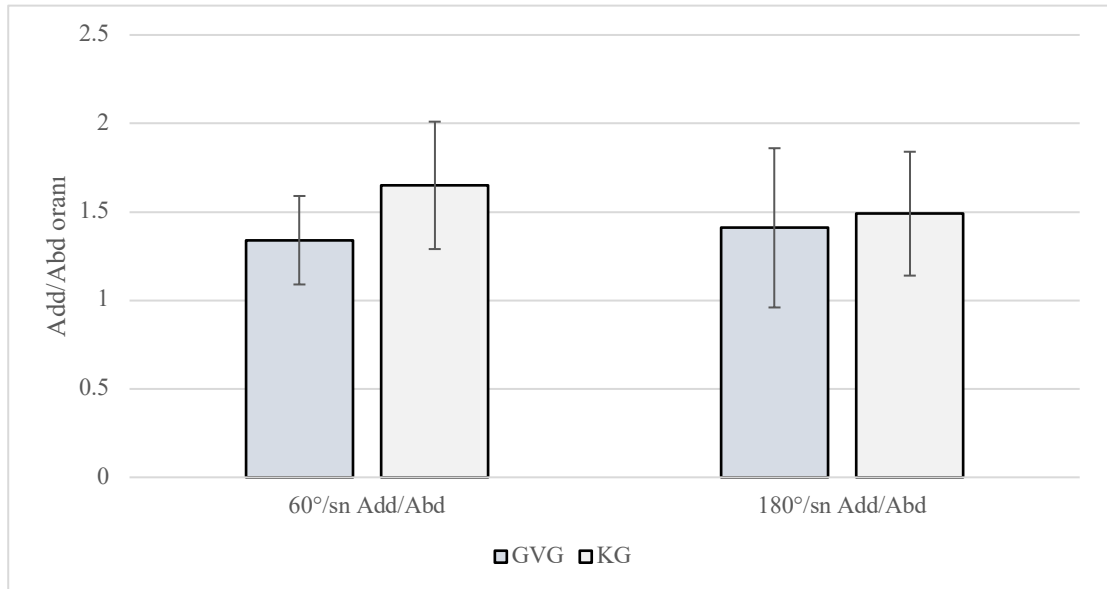
GVG: Genu Varum grubu, **KG:** Kontrol grubu, **Add/Abd:** Adduksiyon/abduksiyon izokinetik kuvvet oranı

Futbolcuların 60°/sn'lik açısal hızda kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde; GVG'nin kalça abduksiyon kas kuvvetinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde KG'den daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$; Cohen's *d*: 0.76). GVG'nin kalça adduksiyon kas kuvveti arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. GVG'nin Add/Abd oranının KG'ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiş ($p < 0.01$;

Cohen's d : -1.01). Futbolcuların 180°/sn'lik açısal hızda kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde; gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Futbolcuların 60°/sn'lik ve 180°/sn'lik açısal hızlarda kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet grafiği Şekil 4.3.'te, 60°/sn ve 180°/sn'lik açısal hızlarda Add/Abd oran grafiği Şekil 4.4.'de ve genu varum ile kalça izokinetik kuvvet değerleri arasındaki korelasyonu Tablo 4.5'te sunulmuştur.



Şekil 4.3. Kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet grafiği



Şekil 4.4. Kalça Add/Abd oran grafiği

Tablo 4.5. Genu varum ile kalça izokinetik kuvvet arasındaki korelasyon

Değişkenler		1	2	3	4	5	6	7
ICd-IMd								
(1)	<i>r</i>	-						
60°/sn Abduksiyon								
(2)	<i>r</i>	.330*	-					
60°/sn Adduksiyon								
(3)	<i>r</i>	-.117	.084	-				
60°/sn Add/Abd								
(4)	<i>r</i>	-.354*	-.065	.096	-			
180°/sn Abduksiyon								
(5)	<i>r</i>	.143	.042	.194	-.152	-		
180°/sn Adduksiyon								
(6)	<i>r</i>	.104	.199	.275	-.096	.148	-	
180°/sn Add/Abd								
(7)	<i>r</i>	.030	.170	.133	.018	.044	.301	-

ICd-IMd: İnterkondiler mesafe - intermalleolar mesafe, **Add/Abd:** Adduksiyon/abduksiyon izokinetik kuvvet oranı **r:** Pearson korelasyon katsayısı, **Anlamlılık düzeyleri:** p<0.05*, p<0.01**, p<0.001***

Kalça izokinetik kuvvet değerleri ile genu varum düzeyi arasındaki ilişki incelendiğinde; ICd-IMd değeri ile 60°/sn abduksiyon kuvveti arasında pozitif, 60°/sn Add/Abd oranı arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Alt ekstremitte diziliminin açılı ölçümleri Tablo 4.6.'da sunulmuştur.

Tablo 4.6. Alt ekstremitte diziliminin açılı ölçümleri

Değişkenler	GVG (n:18)	KG (n:18)	p	Cohen's <i>d</i>
mLPFA_D (°)	89.18 ± 2.79	91.60 ± 2.98	.017	-0.84
mLPFA_{ND} (°)	90.03 ± 2.02	90.44 ± 2.50	.591	-0.18
mLDFAD (°)	88.24 ± 1.50	86.47 ± 1.58	.002	1.15
mLDFAND (°)	87.82 ± 1.80	87.11 ± 2.01	.272	0.37
MPTAD (°)	84.56 ± 3.78	85.54 ± 2.33	.354	-0.31
MPTAND (°)	83.51 ± 2.04	85.35 ± 1.70	.006	-0.98
LDTA_D (°)	86.21 ± 1.88	87.91 ± 2.07	.014	-0.86
LDTAND (°)	86.17 ± 2.37	89.11 ± 1.96	< .001	-1.35
JLCA_D (°)	-1.18 ± 1.44	0.36 ± 1.84	.008	-0.93
JLCA_{ND} (°)	-0.75 ± 1.56	0.17 ± 1.70	.099	-0.57
TT_D (°)	32.07 ± 8.32	30.31 ± 9.12	.550	0.20
TT_{ND} (°)	29.27 ± 8.26	30.78 ± 8.48	.593	-0.18
FA_D (°)	21.19 ± 6.99	17.89 ± 6.82	.161	0.48
FA_{ND} (°)	20.68 ± 7.08	21.14 ± 8.80	.864	-0.06

HKA_D (°)	4.20 ± 1.83	1.56 ± 0.83	< .001	1.86
HKA_{ND} (°)	4.10 ± 1.68	1.95 ± 1.22	< .001	1.47
Q açısı_D (°)	11.13 ± 3.73	10.47 ± 4.84	.646	0.15
Q açısı_{ND} (°)	11.66 ± 3.83	11.07 ± 5.25	.703	0.13

GVG: Genu Varum grubu, **KG:** Kontrol grubu, **D:** Dominant bacak, **ND:** Dominant olmayan bacak, **mLPFA:** Mekanik lateral proksimal femoral açısı, **mLDFA:** Mekanik lateral distal femoral açısı, **MPTA:** Medial proksimal tibial açısı, **LDTA:** Lateral distal tibial açısı, **JLCA:** Diz eklem uyum açısı, **TT:** Tibial torsiyon, **FA:** Femoral anteversiyon, **HKA:** Kalça diz ayak açısı, **Q açısı:** Quadriceps femoris açısı

Futbolcuların alt ekstremitte diziliminin açı ölçümleri incelendiğinde; GVG'nin KG'ye kıyasla dominant bacak mLDFA değerleri ve hem dominant hem de dominant olmayan bacak HKA değerleri istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. VG'nin KG'ye kıyasla dominant bacak mLPFA, dominant olmayan bacak MPTA, dominant ve dominant olmayan bacak LDTA ve dominant bacak JLCA değerleri ise anlamlı düzeyde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Diğer değişkenlerde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte, grup içi dominant ve dominant olmayan bacak alt ekstremitte diziliminin açı ölçümleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Futbolcuların alt ekstremitte diziliminin mesafe ölçümleri Tablo 4.7.'de sunulmuştur.

Tablo 4.7. Alt ekstremitte diziliminin mesafe ölçümleri

Değişkenler	GVG (n:18)	KG (n:18)	p	Cohen's d
MAD_D (mm)	14.09 ± 5.72	1.26 ± 5.78	< .001	2.23
MAD_{ND} (mm)	14.29 ± 5.49	4.62 ± 5.89	< .001	1.70
TT-TG_D (mm)	19.56 ± 3.41	17.10 ± 3.54	.041	0.71
TT-TG_{ND} (mm)	18.82 ± 4.46	16.96 ± 17.10	.174	0.46
TT-PCL_D (mm)	23.93 ± 4.92	22.19 ± 4.24	.264	0.38
TT-PCL_{ND} (mm)	22.36 ± 4.06	21.32 ± 3.61	.423	0.27

GVG: Genu Varum grubu, **KG:** Kontrol grubu, **D:** Dominant bacak, **ND:** Dominant olmayan bacak, **MAD:** Mekanik aks deviasyonu, **TT-TG:** Tibial tüberkül- troklear oluk mesafesi, **TT-PCL:** Tibial tüberkül-arka çapraz bağ mesafesi

Alt ekstremitte diziliminin mesafe ölçümleri incelendiğinde, GVG'nin KG'ye kıyasla dominant ve dominant olmayan bacak MAD ve dominant bacak TT-TG değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Diğer

değişkenlerde gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte, grup içi dominant ve dominant olmayan bacak alt ekstremitte diziliminin mesafe ölçümleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Futbolcuların alt ekstremitte kemik uzunluğu ölçümleri Tablo 4.8.'de sunulmuştur

Tablo 4.8. Alt ekstremitte kemik uzunluğu ölçümleri

Değişkenler	GVG (n:18)	KG (n:18)	p	Cohen's <i>d</i>
FL _D (mm)	455.83 ± 19.25	455.11 ± 23.02	.919	0.03
FL _{ND} (mm)	457.61 ± 18.39	458.00 ± 23.24	.956	-0.02
TL _D (mm)	379.00 ± 17.45	383.22 ± 23.33	.543	-0.21
TL _{ND} (mm)	380.89 ± 17.57	383.78 ± 23.39	.678	-0.14
LL _D (mm)	834.72 ± 35.29	838.39 ± 44.43	.786	-0.09
LL _{ND} (mm)	838.06 ± 35.86	842.83 ± 45.22	.728	-0.12

GVG: Genu Varum grubu, **KG:** Kontrol grubu, **D:** Dominant bacak, **ND:** Dominant olmayan bacak, **FL:** Femur uzunluğu, **TL:** Tibia uzunluğu, **LL:** Bacak uzunluğu

Alt ekstremitte kemik uzunluğu ölçümleri incelendiğinde, tüm değişkenler için iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Bununla birlikte, grup içi dominant ve dominant olmayan bacak alt ekstremitte kemik uzunluğu ölçümleri arasında istatistiksel farklılık tespit edilmemiştir ($p>0.05$). Alt ekstremitte dizilimi anatomik ölçümlerinin sınıf içi korelasyon katsayıları ve %95 güven aralıkları Tablo 4.9'da sunulmuştur.

Tablo 4.9. MRG ölçümleri sınıf içi korelasyonları

Anatomik Ölçümler	Sağ Bacak (n:10)	Sol Bacak (n:10)
	ICC (%95 CI)	ICC (%95 CI)
MAD (mm)	1.00 (0.99-1.00)	1.00 (0.99-1.00)
mLPFA (°)	0.92 (0.67-0.98)	0.96 (0.83-0.99)
mLDFA (°)	0.86 (0.44-0.97)	0.97 (0.87-0.99)
MPTA (°)	0.92 (0.69-0.98)	0.90 (0.60-0.98)
LDTA (°)	0.96 (0.86-0.99)	0.93 (0.73-0.98)

JLCA (°)	0.98 (0.90-0.99)	0.98 (0.91-1.00)
HKA (°)	0.97 (0.88-0.99)	0.99 (0.95-1.00)
Q Açısı (°)	0.99 (0.96-1.00)	0.97 (0.87-0.99)
TT (°)	0.96 (0.82-0.99)	0.99 (0.96-1.00)
FA (°)	0.99 (0.97-1.00)	0.97 (0.89-0.99)
TT-TG (mm)	0.98 (0.91-0.99)	0.97 (0.87-0.99)
TT-PCLL (mm)	0.90 (0.62-0.98)	0.95 (0.81-0.99)
FL (mm)	1.00 (0.99-1.00)	1.00 (1.00-1.00)
TL (mm)	1.00 (0.98-1.00)	1.00 (0.99-1.00)
LL (mm)	1.00 (1.00-1.00)	1.00 (1.00-1.00)

ICC: Sınıf içi korelasyon katsayısı; **%95 CI:** %95 Güven aralığı, **MAD:** Mekanik aks deviasyonu, **mLPFA:** Mekanik lateral proksimal femoral açı, **mLDFA:** Mekanik lateral distal femoral açı, **MPTA:** Medial proksimal tibial açı **LDTA:** Lateral distal tibial açı, **JLCA:** Diz eklem uyum açısı, **ICd:** İnterkondiler mesafe, **IMd:** İntermalleolar mesafe, **HKA:** Kalça diz ayak açısı, **Q açısı:** Quadriceps femoris açısı, **TT:** Tibial torsiyon, **FA:** Femoral anteversiyon, **TT-TG:** Tibial tüberkül-troklear oluk mesafesi, **TT-PCL:** Tibial tüberkül-arka çapraz bağ, **FL:** Femur uzunluğu, **TL:** Tibia uzunluğu, **LL:** Bacak uzunluğu

Alt ekstremitte diziliminin dominant bacak anatomik ölçümleri ile genu varum düzeyi arasındaki ilişki Tablo 4.10.'da sunulmuştur.

Tablo 4.10. Dominant bacak dizilim ölçümleri korelasyonu

Değişkenler	1	2	3	4	5	6	7	8
ICd-IMd (1)	<i>r</i>	-						
MAD_D (2)	<i>r</i>	.846***	-					
mLPFA_D (3)	<i>r</i>	-.461**	-.544	-				
mLDFA_D (4)	<i>r</i>	.474**	.519***	-.368*	-			
MPTA_D (5)	<i>r</i>	-.182	-.241	.009	.294	-		
JLCA_D (6)	<i>r</i>	-.321	-.289	.147	-.356*	-.065	-	
LDTA_D (7)	<i>r</i>	-.436**	-.440**	.133	-.233	.124	.240	-
HKA_D (8)	<i>r</i>	.655***	.785***	-.388*	.394*	-.280	-.333*	-.317

ICd-IMd: İnterkondiler mesafe - intermalleolar mesafe, **D:** Dominant bacak, **MAD:** Mekanik aks deviasyonu, **mLPFA:** Mekanik lateral proksimal femoral açı, **mLDFA:** Mekanik lateral distal femoral açı, **MPTA:** Medial proksimal tibial açı **LDTA:** Lateral distal tibial açı, **JLCA:** Diz eklem uyum açısı, **HKA:** Kalça diz ayak açısı
r: Pearson korelasyon katsayısı, **Anlamlılık düzeyleri:** p<0.05*, p<0.01**, p<0.001***

Alt ekstremitte diziliminin dominant olmayan bacak anatomik ölçümleri ile genu varum düzeyi arasındaki ilişki Tablo 4.11.'de sunulmuştur.

Tablo 4.11. Dominant olmayan bacak dizilim ölçümleri korelasyonu

Değişkenler		1	2	3	4	5	6	7	8
ICd-IMd (1)	<i>r</i>	-							
MAD_{ND} (2)	<i>r</i>	.752***	-						
mLPFA_{ND} (3)	<i>r</i>	-.230	-.423*	-					
mLDFA_{ND} (4)	<i>r</i>	.128	.414*	-.149	-				
MPTA_{ND} (5)	<i>r</i>	-.535***	-.484**	.318	.406*	-			
JLCA_{ND} (6)	<i>r</i>	-.271	-.354*	.216	-.284	.096	-		
LDTA_{ND} (7)	<i>r</i>	-.469**	-.435**	-.008	-.224	.285	.250	-	
HKA_{ND} (8)	<i>r</i>	.659***	.854***	-.317	.497**	-.402*	-.274	.017	-

ICd-IMd: İnterkondiler mesafe - intermalleolar mesafe, **ND:** Dominant olmayan bacak, **MAD:** Mekanik aks deviasyonu, **mLPFA:** Mekanik lateral proksimal femoral açı, **mLDFA:** Mekanik lateral distal femoral açı, **MPTA:** Medial proksimal tibial açı **LDTA:** Lateral distal tibial açı, **JLCA:** Diz eklem uyum açısı, **HKA:** Kalça diz ayak açısı

r: Pearson korelasyon katsayısı, **Anlamlılık düzeyleri:** p<0.05*, p<0.01**, p<0.001***

Alt ekstremitte diziliminin dominant bacak anatomik ölçümleri ile genu varum düzeyi arasındaki ilişki incelendiğinde; ICd-IMd değeri; MAD (p<0.001), mLDFA (p<0.01) ve HKA (p<0.001) ile pozitif yönde, mLPFA (p<0.01) ve LDTA (p<0.01) ile negatif yönde korelasyon içinde olduğu tespit edilmiştir.

Alt ekstremitte diziliminin dominant olmayan bacak anatomik ölçümleri ile genu varum düzeyi arasındaki ilişki incelendiğinde; ICd-IMd değeri; MAD (p<0.001), ve HKA (p<0.001) ile pozitif yönde, MPTA (p<0.001) ve LDTA (p<0.01) ile negatif yönde korelasyon içinde olduğu tespit edilmiştir. Dominant bacak lojistik regresyon model analiz bulguları Tablo 4.12.'de sunulmuştur.

Tablo 4.12. Dominant bacak lojistik regresyon model analiz bulguları

Modeldeki Değişkenler	β	β %95 CI		Standart Hata	p	OR
		Alt sınır	Üst sınır			
MAD_D	.486	.028	.945	.234	.037	1.627
mLPFA_D	.190	-.243	.624	.221	.390	1.210
mLDFA_D	.749	-.970	2.469	.877	.393	2.116
JLCA_D	-.656	-1.542	.231	.452	.147	.519

 R^2_N : .798

p: < .001

MAD_D: Dominant bacak mekanik aks deviasyonu, **mLPFA_D**: Dominant bacak mekanik lateral proksimal femoral açısı, **mLDFA_D**: Dominant bacak mekanik lateral distal femoral açısı, **JLCA_D**: Dominant bacak diz eklem uyum açısı, R^2_N : Nagelkerke's R^2 , **OR**: Odds oranı

Dominant bacak lojistik regresyon analizinde modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Pseudo R^2 =0.80, p <.001). Aralarındaki odds oranlarına bakıldığında dominant bacakta MAD 1.63, mLPFA 1.21, mLDFA 2.17 ve JLCA 0.52 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile dominant bacakta MAD'ın bir mm artması genu varum olasılığını 1.63 kat, mLPFA'nın bir derece artması 1.90 kat, mLDFA'nın bir derece artması 2.17 kat arttırmaktadır. Diğer taraftan JLCA değeri ile ters yönde bir odds oranı tespit edilmiştir. JLCAS değerinin 1 birim artması genu varum olasılığını 0.52 kat azaltmaktadır. Dominant bacak sınıflandırma tablosu Tablo 4.13.'te sunulmuştur.

Tablo 4.13. Dominant bacak sınıflandırma tablosu

Gözlemlenen	Tahmin edilen		
	KG	GVG	Doğruluk yüzdesi
KG	16	2	88.9
GVG	3	15	83.3

Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkene ait değerleri doğru tahmin etme oranını gösteren Tablo 4.11. incelendiğinde; varus dizilim bozukluğunun tahmin edilme oranı %83.3 olarak tespit edilmiştir. Dominant olmayan bacak lojistik regresyon model analiz bulguları Tablo 4.14.'de sunulmuştur.

Tablo 4.14. Dominant olmayan bacak lojistik regresyon model analiz bulguları

Modeldeki Değişkenler	β	β %95 CI		Standart Hata	p	OR
		Alt sınır	Üst sınır			
MAD_{ND}	-.172	-.587	.242	.211	.415	.842
MPTA_{ND}	.246	-.377	.868	.318	.439	1.279
LDTA_{ND}	-.641	.073	1.209	.290	.027	1.899
HKA_{ND}	-.491	-2.244	1.262	.895	.583	.612

 R^2_N : .723

p: < .001

MAD_{ND}: Dominant olmayan bacak mekanik aks deviasyonu, **MPTA_{ND}**: Dominant olmayan bacak medial proksimal tibial açı, **LDTA_{ND}**: Dominant olmayan bacak lateral distal tibial açı, **HKA_{ND}**: Dominant olmayan bacak kalça diz ayak açısı, R^2_N : Nagelkerke's R^2 , **OR**: Odds oranı

Dominant olmayan bacak lojistik regresyon analizinde modelin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir (Pseudo R^2 =0.72, p <.001). Aralarındaki odds oranlarına bakıldığında dominant olmayan bacakta MAD 0.84, MPTA 1.28, LDTA 1.90 ve HKA 0.61 bulunmuştur. Diğer bir ifade ile dominant olmayan bacakta MPTA'nın bir derece artması genu varum olasılığını 1.28 kat, LDTA'nın bir derece artması ise genu varum olasılığını 1.90 kat arttırmaktadır. Ayrıca, HKA'nın her bir derecelik artışı genu varum olasılığını 0.61 kat azaltmaktadır. Dominant olmayan bacak sınıflandırma tablosu Tablo 4.15.'te sunulmuştur.

Tablo 4.15. Dominant olmayan bacak sınıflandırma tablosu

Gözlemlenen	Tahmin edilen		
	KG	GVG	Doğruluk yüzdesi
KG	16	2	88.9
GVG	2	16	88.9

Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişkene ait değerleri doğru tahmin etme oranını gösteren Tablo 4.13. incelendiğinde; varus dizilim bozukluğunun tahmin edilme oranı %88.9 olarak tespit edilmiştir.

5. TARTIŞMA

Futbol dünyanın en büyük etkiye sahip, en yüksek ürün değeri olan ve en fazla izleyici kitlesine sahip spor branşıdır. FIFA'ya göre dünyadaki 1,5 milyon futbol takımında yaklaşık 240 milyon futbolcu ve bir milyara yakın izleyicisi ile dünya nüfusunun 1/7'ine etki etmektedir (Peng, 2020). Endüstriyel açıdan bakıldığında ise, futbol dünya ekonomisinde 17. sırayı alırken; Belçika, İsviçre gibi bazı ülkelerin gayri safi milli hasıllarını geçmektedir. Bu nedenle futbolcuların yaralanmasına dair epidemolojik çalışmalar önem arz etmektedir. Sporcuların yaralanmaları kulüpler üzerine önemli ekonomik etkilerde bulunmaktadır. Ortalama olarak bir futbol takımı yaralanmalar nedeniyle sezon boyu %10-15 oranında eksik kadro ile oynamaktadır. Bu durumda maç sonuçlarının etkilenmesi nedeniyle dolaylı olarak kulüp ekonomisine zarar vermektedir (Eirale, 2015)

Her ne kadar futbol oynamanın kardiyovasküler ve nöromusküler zindelik ve sağlık olmak üzere insan vücuduna birçok faydası olduğuna dair kanıtlar bulunsada (Krustrup ve ark., 2010) yaralanma riski en yüksek olan spor branşlarından birisidir. Futbol oynamak, sağlıklı bir yaşam tarzını desteklemek ve halk sağlığına katkı sağlamak açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak, yön değiştirme gibi ani aksiyonların futbolda sürekli tekrarlanması ve futbolcular arasında doğrudan temasın fazla olması nedeniyle, futbolcuların yaralanma riski yüksektir (Verhagen ve ark., 2015). Futboldaki yaralanma riskinin, yüksek riskli olarak kabul edilen endüstriyel mesleklerden 1000 kat daha fazla olduğu tahmin edilmektedir. UEFA Şampiyonlar Ligi'nde yapılan bir araştırmada bir sezonda 50 kez spora ara verilen yaralanma görüldüğü ve takım kadrosunun bu yaralanmalara bağlı olarak %12 oranında eksik oynadığı bildirilmiştir (Eirale, 2015).

Futbolun alt ekstremitenin ağırlıklı olarak kullanıldığı bir spor branşı olması nedeniyle yaralanmalar da sıklıkla alt ekstremitelerde; diz ve ayak bileği eklemlerinde görülmektedir. Bu yaralanmaları etkileyen vücut ağırlığı, yaş, cinsiyet, etnik köken, önceki yaralanma öyküsü, kas gücü dengesizliği vb. gibi birçok risk faktörü bulunmasına rağmen, özellikle diz ekleminde yaralanmalara katkıda bulunan risk faktörlerinden biri de diz dizilimin bozulmasıdır (Volpi, 2015). Bu nedenle

yaralanmalara neden olan faktörlerin belirlenmesi ve koruyucu-düzeltilici önlemlerin alınması çok önemli görülmektedir (Meyer ve ark., 2015).

Alt ekstremite dizilimi ile yaralanmalar arasında ilişki olduğuna dair birçok yayın bulunmaktadır ve futbolcularda rapor edilmiş olan en yaygın dizilim bozukluğu ise genu varumdur (Rezende ve ark., 2011; Asadi ve ark., 2015; Işın ve Melekoğlu, 2020b). Artan genu varum insidansının futbolcularda özellikle ön çapraz bağ yaralanmaları başta olmak üzere birçok yaralanmayla ilişkili olabileceği bildirilmiştir. Ancak futbolcularda genu varum insidansının artmasının altında yatan mekanizmalar ve bunlara katkıda bulunan faktörler halen net olarak tespit edilememiştir (Işın ve Melekoğlu, 2020a).

Ayak bileklerinde veya dizlerde, mekanik instabilite, eklem hipermobilitesi veya fonksiyonel instabilite oyuncularını özellikle hamstring, kasık ve dizde yaralanmalara yatkın hale getirdiği düşünülmektedir (Engebretsen ve ark., 2011; Häggglund ve ark., 2013). Ayrıca, dizilimdeki eksen deviyasyonu, normal yük dağılımını değiştirdiği bildirilmiştir. Bu nedenle genu varum, diz eklemının medial boşluğundaki basınç yükünü artırdığı ve diz eklemında artan bu basınç futbolcularda yaralanmaya katkıda bulunduğuna inanılmaktadır. Genu varumun aksine genu valgum diz eklemının dış (lateral) boşluğundaki basınç yükünü arttırdığı bildirilmiştir. Yeni oluşan ya da mevcut hasar, lateral menisküs problemini arttırmakta (Meyer ve ark., 2015) ve bu nedenle futbolcularda alt ekstremite diziliminin takip edilmesi önerilmektedir.

Literatürde genu varum oluşumunun nedenleri yaş, vücut ağırlığı, beslenme, çevresel faktörler, kalça ve femoral kaslar arasındaki kuvvet orantısının bozulması ve etnisite gösterilmektedir (Cheng ve ark., 1991). Ayrıca bacak abduktör ve adduktör kas grupları arasındaki kuvvet orantısının da bacak kemik dizilimine etki edebileceği öne sürülmektedir. Özellikle büyüme döneminde futbol uygulamalarının oluşturduğu mekanik yüke bağlı olarak diz epifiz plaklarında asimetrik yapılanma oluşabileceği öngörülmektedir (Witvrouw ve ark., 2009; Thijs ve ark., 2012).

Yaşam kalitesi ve spor yaralanmalarına etkisi nedeniyle, alt ekstremite dizilim bozukluklarının erken teşhisi ve düzeltilmesi oldukça önemlidir. Ancak, bu tür dizilim bozukluklarının altında yatan mekanizmaların halen net olarak tespit

edilememesi nedeniyle, daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Işın ve Melekoğlu, 2020a). Özellikle futbolcularda alt ekstremitte dizilim bozukluklarının erken teşhis edilmesi, ileriki yıllarda bu bozuklukların oluşturabileceği çeşitli yaralanmaların önüne geçilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca, her ne kadar bacak dizilimi için radyografik değerlendirmeler en geçerli ve kesin sonuç veren yöntem olarak görülse de; bu ölçümler pahalı, uygulaması zor ve sağlıklı bireyleri, özellikle çocukları, gereksiz radyasyona maruz bırakması nedeniyle araştırmalarda dolaylı yöntemler tercih edilmiştir (Arazi ve ark., 2001). Yapılan araştırmalar incelendiğinde, özellikle futbolcularda genu varum düzeylerinin incelendiği araştırmalarda, gonyometre, kaliper ve fotoğraflama tekniği kullanılmıştır (Thijs ve ark., 2012; Asadi ve ark., 2015; Melekoglu ve Işın, 2019). Bu yöntemlerle, genu varum düzeylerine dair yorum yapılabilmesiyle birlikte, oluşuma neden olan etiyolojik faktörleri ve antropometrik bileşenlerdeki farklılıkları incelemek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle, bu araştırmanın amacı genu varumu olan futbolcularda alt ekstremitte dizilimlerinin manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirilmesi ile, dizilimin bozulmasının altında yatan mekanizmalar ve bunlara katkıda bulunan faktörlerin belirlenmesidir. Bununla birlikte alt ekstremitte dizilimi ile izokinetik kuvvet değerleri arasındaki ilişkinin araştırılmasıdır. Bu nedenle, araştırmada futbol oyuncularının genu varum düzeyleri ile ilgili bilgi toplamaktan ziyade belirli bir düzeyde genu varum olgusu olan futbolcular morfolojik ve fonksiyonel açıdan değerlendirilerek bu duruma yol açabilecek etiyolojik faktörlerin araştırılması hedeflenmiştir.

5.1. Futbola Katılım ve Alt Ekstremitte Dizilim İlişkisi

Interkondiler ve intermalleolar mesafe ölçümleri genu varum ve genu valgum değerlendirmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak kabul edilmektedir ve özellikle futbolcularda alt ekstremitte dizilim bozukluklarının araştırıldığı çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır (Yaniv ve ark., 2006; Witvrouw ve ark., 2009; Asadi ve ark., 2015; Işın ve Melekoğlu, 2020a).

Futbolcularda yapılan önceki araştırmalar genç erkek futbolcuların, aynı yaştaki kontrollere göre daha fazla varus hizalanmasına sahip olduğunu bildirilmiştir

(Witvrouw ve ark., 2009; Asadi ve ark., 2015; Işın ve Melekoğlu, 2020a). Ancak bu çalışmalarda HKA açısını tahmin etmek için sadece klinik ölçümler (interkondiler-intermalleolar mesafe) kullanılmıştır. Bu nedenle Colyn ve ark. (2016) futbolculardaki alt ekstremitte diziliminin diğer sporcular ve sedanterlere göre farklılıklarını tam bacak radyografileri kullanarak değerlendirmiştir. Bu araştırma bulguları, klinik ölçümler kullanılarak futbolculardaki varus hizalanmasını bildiren önceki araştırma bulgularını desteklemektedir. Bu nedenle klinik ölçümlerin genu varum'u tespit etmede yeterli olabileceği öngörülmektedir.

Ergenlik döneminde yüksek aktivite sporları yapan erkeklerin önemli ölçüde daha yüksek derecede varus dizilimine sahip olduğu ve futbol oyuncularının da diğer yüksek aktiviteli sporları uygulayan erkeklere göre önemli ölçüde daha yüksek derecede varus dizilimine sahip olduğu bildirilmiştir. Buna karşılık, ergenlik döneminde yüksek aktivite sporları yapan kadınlarda, yapmayanlarla karşılaştırıldığında diz diziliminin farklı olmadığı tespit edilmiştir (Colyn ve ark., 2016).

Araştırmalar 13-18 yaş arası adolesan futbolcularda genu varum prevalansının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Witvrouw ve ark., 2009; Thijs ve ark., 2012). Bununla birlikte Asadi ve ark. (2015) genu varumun en yüksek düzeyinin 16-18 yaşları arasında görüldüğünü öne sürmüştür. Işın ve Melekoğlu (2020), futbol oynayan gençlerde genu varum prevalansının özellikle 13-15 yaş ve 16-18 yaş gruplarında, sporcu olmayanlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirdiler. Ayrıca, genu varum prevalansının, 10 yaşından itibaren tüm yaşlar için futbol grubunda kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu ve futbolcularda genu varum düzeyinin yaşa bağlı olarak anlamlı şekilde arttığı, ancak sporcu olmayanlarda herhangi bir farklılık bulunmadığı tespit edilmiştir (Işın ve Melekoğlu, 2020a). Yaniv ve ark. (2006) bacak eksenini değerlendirmek için klinik olarak belirlenmiş ICd ve IMd kullanarak 10 ila 21 yaşları arasındaki futbolcular ve tenisçilerde bir kohort çalışması yürütmüştür. 13 yaşından itibaren, futbolcularda genu varum prevalansı önemli ölçüde ($p < 0.001$) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yukarda bildirilen tüm bu çalışmaların sonuçları, diğer yüksek aktiviteli

sporlarla karşılaştırıldığında bile, futbolun özellikle genu varum gelişimini desteklediğini göstermektedir.

Genu varum ve genu valgum değerlendirmesinde kullanılan bir diğer ölçüm ise Q açısıdır. Literatürde normal Q açısı değerleri ile ilgili olarak farklı sonuçlar bildirilmiş olsada, Q açısı değerinin 10° ile 20° arasında olması beklenmektedir (Rossi ve ark., 2011) . Horton ve Hall (1989) 20° 'nin üzerindeki tüm Q açısı değerlerinin anormal olarak değerlendirilmesi gerektiğini bildirmesine karşılık, Hvid ve ark. (1981), erkek ve kadınlar arasındaki farklılık nedeniyle erkeklerde 15° kadınlarda ise 20° 'nin üzerinin anormal olarak değerlendirilmesi gerektiğini bildirmiştir. Araştırma bulgularımız hem dominant bacak hem de dominant olmayan bacakta Q açısı değerlerinin her iki grup içinde normal değer aralıklarında olduğunu ve iki grup arasında istatistiksel farklılık olmadığı göstermiştir. Literatürde varus dizilimine sahip futbolcularla, varus dizilimine sahip olmayan futbolcular arasındaki Q açısı değerleri araştıran bir araştırmaya rastlanmamıştır. Ancak futbolcular ve sedanterler arasındaki Q açısı değerlerini karşılaştıran önceki araştırmalarda futbolcularda Q açısı değerinin yaşla birlikte düştüğü vurgulanmıştır (Bayraktar ve ark., 2004; Işın ve Melekoğlu, 2020a). Bunun en önemli nedeninin olarak da futbolcuların uyluk kaslarının kuvvet ve tonusunun antrenmana katılım ile artması gösterilmektedir. Çünkü futbolcular yaşla birlikte daha fazla antrenmana katılır ve bu quardiceps tonusu ve kuvvetinin artmasına, dolayısıyla da Q açısının azalmasına neden olacağı düşünülmektedir (Bayraktar ve ark., 2004).

Futbolcularda genu varum düzeyinin artması başta patellofemoral ağrı sendromu, çapraz bağ yaralanmaları ve osteoartrit olmak üzere birçok hastalıkla ilişkili olduğu düşünülmektedir (Taunton ve ark., 2002; Lun ve ark., 2004; Saragaglia ve Roberts, 2005). 15° derecenin üzerindeki Q açısı değeri patellofemoral ağrı sendromunun etiolojisinde anatomik bir risk faktörü olarak kabul edilmektedir (Woodland ve Francis, 1992; Bayraktar ve ark., 2004). Araştırmamızda katılımcıların patellofemoral ağrı sendromuna ilişkin bulgularımız olamamasına rağmen GVG'de 36° Q açısı değerinin 8° 'i ve KG'de 36° Q açısı değerinin 7° 'si 15° derecenin üzerindeydi. Bayraktar ve ark., (2004) futbolcuların 13 yaşına kadar Q açısı değerinin 15° 'in üzerinde olduğunu bildirmiştir.

Önceki araştırmalar genu varum düzeyi ile vücut ağırlığı, boy ve vücut kütle indeksi gibi antropometrik değişkenler arasında pozitif bir korelasyon olduğunu göstermiştir (Rezende ve ark., 2011; Işın ve Melekoğlu, 2020a). Kas-iskelet sistemi rahatsızlığı, hareket bozukluğu ve alt ekstremitelerin dizilim bozukluğu prevalansı aşırı kilolu ergenlerde fazla kilolu olmayanlara göre daha yaygındır. Bu koşulların bir kısır döngü içinde bozulmaya devam ettiği; deformitelerin fiziksel aktiviteye katılımı azalttığı ve dolayısıyla çocukluk çağı obezitesinin artmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu koşullar aynı zamanda daha hareketsiz bir yaşam tarzını teşvik edebileceği vurgulanmaktadır (Taylor ve ark., 2006). Bunun sonucunda çocukların evlerinde kalarak daha az güneşe maruz kaldığı ve dolayısıyla daha az D vitamini aldığı düşünülmektedir. Bu düşünce Voloc ve ark. (2010) tarafından doğrulanmış ve düşük D vitamini düzeylerinin genu varum riskini artırdığını tespit edilmiştir.

Araştırmamız sonucunda dominant olmayan bacak MPTA değerlerinin KG'ye kıyasla GVG'de önemli ölçüde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. KG'nin MPTA değerleri normal aralıklar içerisinde tespit edilmesine karşılık, GVG'nin MPTA değerleri 85°'den daha düşük olduğu gözlenmiştir. MPTA'nın normal aralığı $87,5^{\circ} \pm 2,5^{\circ}$ 'tir ve bu değerler (85°-90°) dışındaki açılarda tibia MAD'ın kaynağı olarak kabul edilmektedir (Paley, 2002). Ayrıca regresyon analizinde dominant olmayan bacak için MPTA'nın değerlerinin genu varum oluşumuna anlamlı düzeyde katkıda bulunduğu tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile dominant olmayan bacakta MPTA'nın 1 derece artması genu varum olasılığını 1.28 kat arttırmaktadır. Bu nedenle özellikle dominant olmayan bacakta proksimal tibia'nın futbolcularda varus dizilimine katkıda bulunan mekanizmalardan birisi olduğu düşünülmektedir. Coly ve ark. (2016) tam bacak radyografileri kullanarak, ergenlik döneminde yüksek aktiviteli spora katılımın erkeklerde genu varum gelişimi üzerinde anlamlı bir etkisi olduğunu göstermiştir. Özellikle ergenlik döneminde futbol oynayanın genu varum düzeyini önemli ölçüde arttırdığı ve bu artışın öncelikle proksimal tibia'daki değişiklikler nedeniyle olduğu öne sürülmüştür. Bunun en önemli nedeni MPTA değerlerinin spor yapmayan ve diğer sporculara kıyasla futbolcularda daha düşük olması gösterilmiştir. Krajnc ve ark. (2015) genç futbolculardaki büyüme plakalarını difüzyon ağırlıklı MRG kullanarak incelemiş ve genç futbolculardaki büyüme

plakalarının (özellikle medial proksimal tibia) futbol oynamaktan dolayı büyük ölçüde etkilendiği ve bunun da futbolcularda daha sık diz varus deformiteleri ile sonuçlanabileceği sonucuna varmıştır.

Yaniv ve ark. (2006) genu varumun daha yüksek prevalansının potansiyel bir nedeni olarak futboldaki şut atmak vb. gibi ek stres mekanizmalarından kaynaklanabileceğini öne sürdüler. Bununla birlikte, top sürme ve yön değiştirme sırasında daha iyi denge sağlama gibi genu varumun potansiyel avantajları nedeniyle seçim yanlılığı olasılığına da dikkat çekmişlerdir. Ancak, koşarken yön değişiklikleri artan mekanik zorlanmaya neden olur (Besier ve ark., 2001); ayrıca nöromusküler yorgunluğun artmasıyla dinamik diz eklemi stabilizasyonunun azaldığı ve yaralanma oranının arttığı bildirilmiştir (Nyland ve ark., 1999; Coventry ve ark., 2006; Savage ve ark., 2018). Bağımsız olarak futbolcuların giydiği kramponlu ayakkabıların duruş aşamasında dış rotasyonu kısıtladığı ve diz eklemi üzerindeki varus yükünü arttırabileceği arttırdığı tespit edilmiştir (Andrews ve ark., 1996).

Şut atmak futbola özgüdür ve biyomekanik araştırmalar şut atma hareketinde, bacağın topa çapraz olarak yaklaştığını göstermiştir. Bu çapraz yaklaşım, daha yüksek top hızıyla sonuçlanması nedeniyle, düz bir topa vurma eylemi yerine geçtiği düşünülmektedir. Şut atma hareketi sadece kalça fleksiyonu ve diz ekstansiyonunu değil, aynı zamanda bir adduksiyon bileşenini de içerir. Futbolda şut atmak sık sık yapılan bir eylem olduğundan, oyuncular adduktör kasları daha fazla geliştirmiş olabilirler (Isokawa ve ark., 1988; Nunome ve ark., 2002). Bu nedenle, Asadi ve ark. (2015) futboldaki çapraz vuruş hareketinin futbolcularda genu varuma neden olabileceğini bildirmiştir. Ancak araştırma bulgularımız bu sonucu desteklememektedir. GVG ve KG arasında hem 60°/sn'lik hem de 180°/sn'lik açısal hızlardaki kalça adduktör kuvvetinin farklı olmadığı, ayrıca KG'nin üretebildiği maksimal adduktör kuvvetin GVG'ye kıyasla daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aksine GVG'nin, KG'ye kıyasla daha fazla abduktör kuvvet ürettiği tespit edilmiştir. Bu nedenle futbolculardaki genu varum oluşumunun adduktör kaslarının daha fazla gelişmesinden kaynaklanmayacağı düşünülmektedir.

Asadi ve ark., (2015) genu varum ve futbol oynama arasındaki ilişkiyi anlamak için bu aktivite sırasında diz eklemine gelen dış yüklerin dikkate alınması gerektiğini bildirmiştir. Besier ve ark., (2001) diz eklemi üzerindeki dış yükü ölçmüş ve normal koşuya kıyasla yön değiştirme manevraları sırasında diz eklemi üzerindeki varus ve valgus gerilmelerinin önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Bu nedenle, yön değiştirme manevralarının varus veya valgus dizilim bozukluklarına yol açtığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, bu yön değiştirme manevralarının yalnızca genu varum'a yol açıp açmayacağı belirsizdir (Besier ve ark., 2001). Bu yön değiştirme manevraları futbolun dışında, basketbol, voleybol, hentbol ve tenis gibi diğer sporlarda da görülür. Bu nedenle, Asadi ve ark., (2015) futbolcular ile diğer sporları (basketbol, voleybol, hentbol) oynayan gençleri karşılaştırmış ve iki grup arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Dolayısıyla, iki grup arasındaki bu fark, genu varum oluşumunun başka bir fiziksel aktivite nedeniyle oluşabileceği göstermektedir.

Gelişim sürecinde yanlış yüklenmelerin futbolcuları olumsuz yönde etkileyebileceği düşünülmektedir (Bergeron ve ark., 2015). Özellikle futbol antrenmanlarına katılımın artmasıyla birlikte eklem üzerinde uygulanan yüksek miktardaki asimetrik stresin diz dizilimini bozarak genu varuma katkıda bulunabileceği belirtilmiştir (Chantraine, 1985; Cheema ve ark., 2003; Espandar ve ark., 2010). Önceki araştırmalar futbolcularda genu varum görülme sıklığını benzer yaşlardaki akranlarına kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmiştir (Yaniv ve ark., 2006; Witvrouw ve ark., 2009; Asadi ve ark., 2015; Işın ve Melekoğlu, 2020a). Her ne kadar futbolcularda genu varum görülme insidansı yüksek olsada, tüm futbolcular genu varuma maruz kalmamaktadır. Bu nedenle bu araştırma benzer antrenman geçmişi bulunan normal dizilime sahip ve genu varumlu futbolcuları incelemiş ve varus dizilimi bozulan futbolcuların özellikle büyüme döneminde yanlış yüklenmelere maruz kaldığı ve bunun da varus hizalamasına katkıda bulunduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte büyüme dönemimin tamamlanmasıyla birlikte bozulan dizilimin düzeltilmesi çok muhtemel görülmemektedir. Fernquest ve ark.(2022) varus diz dizilimi gelişimi en fazla 13-16 yaş aralığında geliştiğini ve 16 yaşından sonra veya iskelet olgunluğundan sonraki yaş grupları arasında bacak diziliminde çok az fark bulunduğu bildirmiştir.

Sonuç olarak, önceki araştırmalar futbola katılımı genu varum arasındaki muhtemel ilişkiyi ya da futbolcuların ve sedanterler arasındaki alt ekstremite dizilim farklılıklarına odaklanmıştır. Bu araştırmalar her ne kadar futbolcularda genu varum insidansının yüksek olduğu vurgulansa da, varus diz uyumu bozulmayan futbolcuların da bulunduğu bilinmektedir. Bildiğimiz kadarıyla literatürde daha önce varus diz uyumu olan ve olmayan futbolcularda alt ekstremite dizilimlerinin karşılaştırıldığı bir araştırmaya rastlanmamıştır. Benzer şekilde alt ekstremite dizilimi için bir risk faktörü olarak gösterilen kuvvet eksikliklerine dair de bir bulguya rastlanmamıştır. Önceki araştırmalarda proksimal tibianın genu varum oluşumunda bir risk faktörü olabileceği bildirilmiş olsa da, bu araştırma ilginç bir şekilde futbolculardaki genu varum oluşumuna yalnızca tibia'nın değil aynı zamanda femur'un da etki ettiğini vurgulamaktadır. Ayrıca araştırmanın bir diğer sonucu ise, futbolculardaki genu varum oluşumunun dominant ve dominant olmayan bacaklarda farklı mekanizmalardan kaynaklandığıdır. Futbolcuların dominant bacaklarındaki genu varum oluşuma neden olan temel faktörün femur kaynaklı olduğu, dominant olmayan bacak için ise tibia kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

5.2. Futbolcularda İzokinetik Kuvvet

H/Q oranı diz fleksörlerinin zirve torkunun (yani, seçilen hareket aralığı boyunca üretilen en büyük tork çıkışı) diz ekstansörlerinin zirve torkuna bölünmesiyle hesaplanır ve Steindler (1977), mutlak diz ekstansiyon kas kuvvetinin 3:2 (%66 ya da 0.66) oranında diz fleksör kuvvetinden daha büyük olması gerektiğini öne sürmüştür. 1980'lere kadar yayınlanan izokinetik raporlar sadece konsantirik kas hareketlerini değerlendirmiş ve %50 ile %80 (0.50 - 0.80) arasında değişen bir optimal H/Q oranı önermiştir (Kannus, 1994). Bu araştırmada futbolcuların 60°/sn'lik açısal hızda diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde, GVG'nin H/Q oranı (0.73 ± 0.09 Nm/kg iken, KG'nin H/Q oranı 0.72 ± 0.08 Nm/kg tespit edilmiş ve gruplar arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Benzer şekilde futbolcuların 180°/sn'lik açısal hızda diz fleksiyon ve ekstansiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde, GVG'nin H/Q oranı 0.88 ± 0.09 Nm/kg iken, KG'nin H/Q oranı 0.89 ± 0.09 Nm/kg tespit edilmiş ve gruplar arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Bu sonuçlar varus dizilimin izokinetik diz kuvveti üzerine

etkisinin olmadığını göstermektedir. Bir futbolcunun, H/Q oranı literatür tarafından önerilen sınırlara eşit veya daha büyükse, genellikle diz fleksör ve ekstansör kasları arasında uygun bir kuvvet dengesine sahip olduğu düşünülür (Heiser ve ark., 1984; Aagaard ve ark., 1998). Bununla birlikte, klinisyenler her zaman diz fleksör ve ekstansör kaslarının mutlak tork değerlerini kontrol etmelidirler çünkü görünürde uygun bir H/Q oranı, alt ekstremité yaralanması öyküsü olan oyuncuları test ederken kuadriseps zayıflığı nedeniyle bazen yanıltıcı olabilir. Diz ekstansör kuvvet eksiklikleri ön çapraz bağ (ACL) rekonstrüksiyonundan 4 yıl sonra bile rapor edilmiştir (Tourville ve ark., 2014) , bu belki de deneklerin 1/4'ünden fazlasının birincil ameliyatlarından sonraki 10 yıl içinde neden başka bir ACL yaralanması (aynı veya karşı dizinde) sürdürdüğünü açıklamaktadır (Baroni ve ark., 2020).

Futbolcuların 60°/sn'lik açısal hızda kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde; GVG'nin Add/Abd oranının (1.34 ± 0.25 Nm/kg) KG'ye kıyasla (1.65 ± 0.36 Nm/kg) istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük olduğu tespit edilmiş ($p < 0.01$; Cohen's d: -1.01). Futbolcuların 180°/sn'lik açısal hızda kalça abduksiyon ve adduksiyon izokinetik kuvvet verileri incelendiğinde; GVG'nin Add/Abd oranı 1.41 ± 0.45 Nm/kg iken, KG'nin Add/Abd oranı 1.49 ± 0.35 Nm/kg tespit edilmiş ve gruplar arasında istatistiksel farklılık bulunmamıştır ($p > 0.05$). Griffin ve ark., (2011) elit futbolcuların kalça adduksiyonu/abduksiyon kuvvet oranları dominant bacakta 1.45-1.6 olması gerektiği ve bu değerlerin dışındaki oranların, futbolcuların yaralanma riski altında olduğunu göstermektedir. Bu nedenle 60°/sn'lik açısal GVG'nin 1.34'lük add/abd oranı, varus diziliminin yaralanmalara karşı daha hassas olacağını göstermektedir. Kalça adduktörleri, iskiyal tüberositenin yakınından çıkar ve femur gövdesinin medial tarafına girer. Adduktor tüberkül, insersiyonun distal ucunda bulunur ve adduktörler üzerindeki yükten etkilenir (Yamada ve ark., 2001). Diz osteoartritinin ilerlemesiyle adduktör/hamstring oranının arttığını, ancak kuadriseps/hamstring ve abduktör/hamstring oranlarının artmadığı tespit edilmiştir. Bu sonuç kalça adductor kaslarının, varus deformitesi olmuş dizlerde femurun abduksiyon momentine (diz adduksiyon momenti, dizin lateral itme hareketi) güçlü bir şekilde direndiğini düzencesiyle ile açıklanabilir (Yamada ve ark., 2001). Weidenhielm ve ark., (1994)

diz medial osteoartriti olan 54 hastayı incelemişler ve varus deformitesinin kalça, diz ve ayak bileği açıları ile dizin orta duruş adduksiyon momenti arasında yüksek bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve ark., (1990) bazı hastaların, deformitenin mevcut olduğu adduksiyon momentini azaltmak için yürümede ayak parmakları dışarı (toe-out) yürüyüşle adımlarını kısaltarak telafi edici mekanizmalar gösterdiğini öne sürmüşlerdir.



6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırma varus dizilimine sahip futbolcularda alt ekstremitte dizilimlerinin manyetik rezonans görüntüleme ile değerlendirilerek, dizilimin bozulmasının altında yatan mekanizmalar ve bunlara katkıda bulunan faktörleri belirlemeye odaklanmıştır. Bununla birlikte alt ekstremitte dizilimi ile izokinetik kuvvet değerleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır.

Futbolcuların alt ekstremitelerinde varus deformasyonlarının görülmesi çeşitli nedenlere bağlıdır. Dominant bacakta MAD'ın bir mm artması genu varum olasılığını 1.63 kat, mLPFA'nın bir derece artması 1.90 kat, mL DFA'nın bir derece artması 2.17 kat arttırırken, dominant olmayan bacakta MPTA'nın bir derece artması genu varum olasılığını 1.28 kat, LDTA'nın bir derece artması ise genu varum olasılığını 1.90 kat arttırmaktadır. Bu nedenle futbolculardaki genu varum gelişimi dominant ve dominant olmayan bacaklarda farklı mekanizmalardan etkilenmektedir ve bu araştırma, dominant bacak için femurun ve dominant olmayan bacak için ise tibianın varus diz diziliminin gelişiminde önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir.

Bacak baskınlığının alt ekstremitte dizilimin anatomik ölçümleri üzerindeki etkisi karşılaştırıldığında, GVG'de futbolcu grubumuzda baskın olan ve olmayan bacak arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bu nedenle, genu varum oluşumuna olası bir neden olarak düşünülen şut atmanın varus dizilimine sahip futbolcularda önemli düzeyde etkisinin olmadığı varsayılmaktadır. Ancak dominant ve dominant olmayan bacaklarda genu varum oluşumuna katkıda bulunan mekanizmaların farklı olması nedeniyle şut atmanın düşük de olsa etkin olabileceği unutulmamalıdır.

Diz diziliminin iskelet olgunlaşması sırasında distal femoral ve proksimal tibial epifizdeki büyüme tarafından belirlendiğine inanılmaktadır. Yaşam kalitesi ve spor yaralanmalarına etkisi nedeniyle, alt ekstremitte dizilim bozukluklarının erken teşhisi ve düzeltilmesi oldukça önemlidir. Futbolcularda özellikle büyüme döneminde yanlış yüklenmelerin genu varum gelişimini arttırdığı düşünülmektedir. Bu nedenle iskelet-kas sistemi henüz tam olarak olgunlaşmamış futbolcularda genu varum gelişimine

katkıda bulunan mekanizmaların göz önünde bulundurularak antrenman planlamaları yapılması önerilir. Böylece yanlış yüklenmelerden kaynaklanabilecek varus dizilim bozukluklarının önüne geçilebileceği düşünülmektedir.

Radyografik değerlendirmeler her ne kadar en geçerli ve kesin sonuç veren yöntem olarak görülse de; bu araştırma sadece ICd-IMd ölçümleriyle futbolculardaki genu varum deformitesinin tespit edilebileceğini vurgulamaktadır. Bunun en önemli nedeni ise ICd-IMd ile hem dominant hem de dominant olmayan bacak MAD değerleri arasında güçlü bir korelasyon tespit edilmesidir. Bu nedenle radyografik değerlendirmelerin sağlıklı bireyleri, özellikle çocukları, gereksiz radyasyona maruz bırakması nedeniyle ICd-IMd ölçümlerinin tercih edilmesi önerilmektedir.

Futbolcularda varus dizilimi ile add/abd oranının normal aralıklar dışında kaldığı bu nedenle de yaralanmalara karşı daha duyarlı hale geldiği düşünülmektedir. Bu nedenle varus dizilimine sahip olan futbolcularda add/abd oranının takip edilmeli ve oranın düzeltilmesi için uygun düzeltici egzersizlerin antrenman planlamasına dahil edilerek uygulanması önerilmektedir.

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Bu araştırma genç erkek futbolcularda alt ekstremitte dizilim bozukluklarına ve bu bozukluklarının oluşumuna katkıda bulunan mekanizmalara odaklanmıştır. Bu nedenle kadın futbolcularda da benzer dizilim bozukluklarının varlığının araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, bu araştırma sadece varus dizilim bozukluğu olan ve olmayan futbolculara odaklanmıştır. Gelecekteki araştırmalar benzer yaş ve antropometrik özelliklere sahip sedanterlerle varus dizilimine sahip olan ve olmayan futbolcular arasındaki farklılıklara odaklanabilir.

Son olarak benzer futbola katılım yılına sahip olan futbolcular arasında dizilim bozukluğunun futboldaki hangi hareket paternlerinden kaynaklandığı halen bilinmemektedir. Diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetleri bakımından varus dizilimine sahip olan ve olmayan futbolcular arasında kuvvet farklılıkları tespit edilmemiş olması nedeniyle hamstring/quadriseps farklılığının varus dizilimine katkıda bulunduğu teorisi olası gözükmemektedir. Bununla birlikte dizilim bozukluğunun dikey eksene kıyasla yatay ekseninde ortaya çıkması nedeniyle,

adduksiyon/abduksiyon kuvvet dengesizliğinin varus uyumuna daha fazla katkıda bulunması beklenmektedir. Özellikle kalça adduksiyon/abduksiyon izokinetik kuvvet oranındaki farklılığın futbolcularda dizilimi bozarak varus yükünü arttırabileceği düşünölmektedir. Ancak, futbolcuların geçmiş dönemlerindeki kuvvet farklılıklarına dair bulgumuz bulunmaması nedeniyle, adduksiyon/abduksiyon kuvvet dengesizliğinin mi varus dizilimini bozduğu, yoksa varus dizilimi bozulduğu için mi kuvvet dengesizliği ortaya çıktığı net olarak anlaşılamamaktadır. Bu nedenle gelecekteki araştırmaların futbolculardaki kuvvet farklılıklarını takip ederek varus dizilimi üzerindeki olası etkilerini belirlemeye çalışmalıdır.



KAYNAKLAR

- Aagaard, P., Simonsen, E. B., Magnusson, S. P., Larsson, B., & Dyhre-Poulsen, P. A new concept for isokinetic hamstring: Quadriceps muscle strength ratio. *The American journal of sports medicine*. 1998; 26 (2): 231-237.
- Andrews, M., Noyes, F. R., Hewett, T. E., & Andriacchi, T. P. Lower limb alignment and foot angle are related to stance phase knee adduction in normal subjects: A critical analysis of the reliability of gait analysis data. *Journal of orthopaedic research*. 1996; 14 (2): 289-295.
- Arazi, M., Ögün, T. C., & Memik, R. Normal development of the tibiofemoral angle in children: A clinical study of 590 normal subjects from 3 to 17 years of age. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2001; 21 (2): 264-267.
- Asadi, K., Mirbolook, A., Heidarzadeh, A., Kivi, M. M., Meybodi, M. K. E., & Rad, M. R. Association of soccer and genu varum in adolescents. *Trauma monthly*. 2015; 20 (2): 5.
- Baroni, B. M., Ruas, C. V., Ribeiro-Alvares, J. B., & Pinto, R. S. Hamstring-to-quadriceps torque ratios of professional male soccer players: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2020; 34 (1): 281-293.
- Bayraktar, B., Yucesir, I., Ozturk, A., Cakmak, A. K., Taskara, N., Kale, A., . . . Camlica, H. Change of quadriceps angle values with age and activity. *Saudi medical journal*. 2004; 25 (6): 756-760.
- Bellicini, C., & Khoury, J. G. Correction of genu recurvatum secondary to osgood-schlatter disease: A case report. *The Iowa Orthopaedic Journal*. 2006; 26: 130.
- Bentzur, K. M., Kravitz, L., & Lockner, D. W. Evaluation of the bod pod for estimating percent body fat in collegiate track and field female athletes: A comparison of four methods. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2008; 22 (6): 1985-1991.
- Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Côté, J., Emery, C. A., . . . Léglise, M. International olympic committee consensus statement on youth athletic development. *British journal of sports medicine*. 2015; 49 (13): 843-851.

- Besier, T. F., Lloyd, D. G., Cochrane, J. L., & Ackland, T. R. External loading of the knee joint during running and cutting maneuvers. *Medicine and science in sports and exercise*. 2001; 33 (7): 1168-1175.
- Brozek, J. Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. *Ann NY Acad Sci*. 1963; 110: 113-140.
- Camp, C. L., Stuart, M. J., Krych, A. J., Levy, B. A., Bond, J. R., Collins, M. S., & Dahm, D. L. Ct and mri measurements of tibial tubercle–trochlear groove distances are not equivalent in patients with patellar instability. *The American journal of sports medicine*. 2013; 41 (8): 1835-1840.
- Chantraine, A. Knee joint in soccer players: Osteoarthritis and axis deviation. *Medicine and science in sports and exercise*. 1985; 17 (4): 434-439.
- Cheema, J. I., Grissom, L. E., & Hareke, H. T. Radiographic characteristics of lower-extremity bowing in children. *Radiographics*. 2003; 23 (4): 871-880.
- Cheng, J. C., Chan, P., Chiang, S., & Hui, P. Angular and rotational profile of the lower limb in 2,630 chinese children. *J Pediatr Orthop*. 1991; 11 (2): 154-161.
- Cobb, J. Outline for the study of scoliosis. *Instr Course Lect AAOS*. 1948; 5: 261-275.
- Cohen, J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge; 2013, p:
- Colyn, W., Arnout, N., Verhaar, J. A., & Bellemans, J. How does lower leg alignment differ between soccer players, other athletes, and non-athletic controls? *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2016; 24 (11): 3619-3626.
- Coventry, E., O'Connor, K. M., Hart, B. A., Earl, J. E., & Ebersole, K. T. The effect of lower extremity fatigue on shock attenuation during single-leg landing. *Clinical Biomechanics*. 2006; 21 (10): 1090-1097.
- Cowan, D. N., Jones, B. H., Frykman, P. N., Polly, D. W., Jr., Harman, E. A., Rosenstein, R. M., & Rosenstein, M. T. Lower limb morphology and risk of overuse injury among male infantry trainees. *Med Sci Sports Exerc*. 1996; 28 (8): 945-952.
- de Marche Baldon, R., Lobato, D. F. M., Carvalho, L. P., Wun, P. Y. L., Presotti, C. V., & Serrão, F. V. Relationships between eccentric hip isokinetic torque and functional performance. *Journal of sport rehabilitation*. 2012; 21 (1): 26-33.

- Diederichs, G., Köhlitz, T., Kornaropoulos, E., Heller, M. O., Vollnberg, B., & Scheffler, S. Magnetic resonance imaging analysis of rotational alignment in patients with patellar dislocations. *The American journal of sports medicine*. 2013; 41 (1): 51-57.
- Dirnberger, J., Kösters, A., & Müller, E. Concentric and eccentric isokinetic knee extension: A reproducibility study using the isomed 2000-dynamometer. *Isokinetics and Exercise Science*. 2012; 20 (1): 31-35.
- Dunsworth, H. M. Expanding the evolutionary explanations for sex differences in the human skeleton. *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews*. 2020; 29 (3): 108-116.
- Eirale, C. (2015). Epidemiology in professional footballers. In *Football traumatology* (pp. 3-9): Springer.
- Engebretsen, A., Myklebust, G., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. Intrinsic risk factors for acute knee injuries among male football players: A prospective cohort study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2011; 21 (5): 645-652.
- Espandar, R., Mortazavi, S. M.-J., & Baghdadi, T. Angular deformities of the lower limb in children. *Asian journal of sports medicine*. 2010; 1 (1): 46.
- Fabry, G., Cheng, L. X., & Molenaers, G. Normal and abnormal torsional development in children. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 1994; 302: 22-26.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. G* power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*. 2007; 39 (2): 175-191.
- Ferguson, D. O., & Fernandes, J. A. Lower limb alignment. *Orthopaedics and Trauma*. 2016; 30 (6): 539-546.
- Ferguson, J., & Wainwright, A. Tibial bowing in children. *Orthopaedics and trauma*. 2013; 27 (1): 30-41.
- Fernquest, S., Lloyd, T., Pereira, C., Gimpel, M., Birchall, R., Broomfield, J., . . . Palmer, A. Coronal-plane leg alignment in adolescence and the effects of activity: A full leg length mri study. *Journal of Orthopaedic Research®*. 2022.

- Gray, H. Gray's anatomy: With original illustrations by henry carter: Arcturus Publishing Limited; 2015, p:
- Grelsamer, R., Dubey, A., & Weinstein, C. Men and women have similar q angles: A clinical and trigonometric evaluation. The Journal of bone and joint surgery. British volume. 2005; 87 (11): 1498-1501.
- Griffin, V. C., Everett, T., & Horsley, I. G. A comparison of hip adduction to abduction strength ratios, in the dominant and non-dominant limb, of elite academy football players. Cardiff University, 2011,
- Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: The uefa injury study. The American journal of sports medicine. 2013; 41 (2): 327-335.
- Hall, S. J. Basic biomechanics: McGraw-Hill; 2019, p:
- Hamill, J., Knutzen, M., & Derrick, R. Biomechanical basis of human movement. Fourt edition. Philadelphia, PA: Holters Kluwer Health. 2015.
- Hashemi, J., Chandrashekar, N., Gill, B., Beynnon, B. D., Slauterbeck, J. R., Schutt Jr, R. C., . . . Dabezies, E. The geometry of the tibial plateau and its influence on the biomechanics of the tibiofemoral joint. The Journal of Bone and Joint Surgery. American volume. 2008; 90 (12): 2724.
- Heath, C., & Staheli, L. Normal limits of knee angle in white children--genu varum and genu valgum. Journal of pediatric orthopedics. 1993; 13 (2): 259-262.
- Heiser, T. M., Weber, J., Sullivan, G., Clare, P., & Jacobs, R. R. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. The American Journal of Sports Medicine. 1984; 12 (5): 368-370.
- Hicks, J., Arnold, A., Anderson, F., Schwartz, M., & Delp, S. The effect of excessive tibial torsion on the capacity of muscles to extend the hip and knee during single-limb stance. Gait & posture. 2007; 26 (4): 546-552.
- Hinterwimmer, S., Graichen, H., Vogl, T. J., & Abolmaali, N. An mri-based technique for assessment of lower extremity deformities—reproducibility, accuracy, and clinical application. European radiology. 2008; 18 (7): 1497-1505.
- Horton, M. G., & Hall, T. L. Quadriceps femoris muscle angle: Normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. Physical therapy. 1989; 69 (11): 897-901.

- Hsu, R., Himeno, S., Coventry, M. B., & Chao, E. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. *Clinical orthopaedics and related research*. 1990; (255): 215-227.
- Hutter Jr, C. G., & Scott, W. Tibial torsion. *JBJS*. 1949; 31 (3): 511-518.
- Hvid, I., Andersen, L. I., & Schmidt, H. Chondromalacia patellae: The relation to abnormal patellofemoral joint mechanics. *Acta Orthopaedica Scandinavica*. 1981; 52 (6): 661-666.
- Ishikawa, H., Abrahan, L. M., & Hirohata, K. Genu recurvatum: A complication of prolonged femoral skeletal traction. *Archives of orthopaedic and traumatic surgery*. 1984; 103 (3): 215-218.
- Isokawa, M., Lees, A., Reilly, T., Lees, A., Davids, K., & Murphy, J. Science and football. 1988.
- Işın, A., & Melekoğlu, T. Genu varum and football participation: Does football participation affect lower extremity alignment in adolescents? *The Knee*. 2020a; 27 (6): 1801-1810.
- Işın, A., & Melekoğlu, T. Profesyonel futbolcularda antropometrik değişkenler , yaş ve futbola katılım ile genu varum arasındaki ilişki *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2020b; 18 (4): 46-53.
- Joseph, B., Nayagam, S., Loder, R. T., & Torode, I. *Paediatric orthopaedics: A system of decision-making*: CRC press; 2009, p:
- Kannus, P. Isokinetic evaluation of muscular performance. *International journal of sports medicine*. 1994; 15 (S 1): S11-S18.
- Killen, M.-C., & DeKiewiet, G. Genu varum in children. *Orthopaedics and Trauma*. 2020; 34 (6): 369-378.
- Koo, T. K., & Li, M. Y. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *Journal of chiropractic medicine*. 2016; 15 (2): 155-163.
- Krajnc, Z., & Drobnič, M. Radiographic analysis of lower limb alignment in professional football players. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2019; 139 (12): 1771-1777.

- Krajnc, Z., Ruprecht, M., & Drobnič, M. Quantitative evaluation of growth plates around the knees of adolescent soccer players by diffusion-weighted magnetic resonance imaging. *BioMed research international*. 2015; 2015.
- Krustrup, P., Christensen, J. F., Randers, M. B., Pedersen, H., Sundstrup, E., Jakobsen, M. D., . . . Nybo, L. Muscle adaptations and performance enhancements of soccer training for untrained men. *European journal of applied physiology*. 2010; 108 (6): 1247-1258.
- Lobenhoffer, P., & Van Heerwaarden, R. Osteotomies around the knee: Indications-planning-surgical techniques using pla: Thieme; 2009, p:
- Luís, N. M., & Varatojo, R. Radiological assessment of lower limb alignment. *EFORT Open Reviews*. 2021; 6 (6): 487-494.
- Lun, V., Meeuwisse, W., Stergiou, P., & Stefanyshyn, D. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *British journal of sports medicine*. 2004; 38 (5): 576-580.
- Lyon, L. K., Benz, L. N., Johnson, K. K., Ling, A. C., & Bryan, J. M. Q-angle: A factor in peak torque occurrence in isokinetic knee extension. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1988; 9 (7): 250-2253.
- McCrary, M. A., Gomez, T. D., Bernauer, E. M., & Molé, P. A. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Medicine and science in sports and exercise*. 1995; 27 (12): 1686-1691.
- Melekoglu, T., & Işın, A. The relationship between football participation level and lower leg alignment in youth males: Genu varum. *Journal of Education and Training Studies*. 2019; 7 (2): 137-141.
- Meyer, T., Faude, O., & aus der Fünter, K. Sports medicine for football: Insight from professional football for all levels of play: Meyer & Meyer Verlag; 2015, p:
- Nordin, M., & Frankel, V. H. Basic biomechanics of the musculoskeletal system: Lippincott Williams & Wilkins; 2001, p:
- Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, S. Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and science in sports and exercise*. 2002; 34 (12): 2028-2036.

- Nyland, J. A., Caborn, D. N., Shapiro, R., & Johnson, D. L. Crossover cutting during hamstring fatigue produces transverse plane knee control deficits. *Journal of Athletic Training*. 1999; 34 (2): 137.
- Paley, D. *Principles of deformity correction*: Springer; 2002, p:
- Paley, D., & Tetsworth, K. Mechanical axis deviation of the lower limbs. Preoperative planning of uniapical angular deformities of the tibia or femur. *Clinical orthopaedics and related research*. 1992; (280): 48-64.
- Peng, F. (2020). *Study on the formation process and effect of tactical performance ability of youth training team based on big data analysis*. Paper presented at the *Journal of Physics: Conference Series*.
- Rezende, L. F. M. d., Santos, M. d., Araújo, T. L., & Matsudo, V. K. R. Does soccer practice stress the degrees of genu varo? *Rev Bras Med Esporte*. 2011; 17 (5): 329-333.
- Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., Magal, M., & Medicine, A. C. o. S. *Acsm's guidelines for exercise testing and prescription*: Wolters Kluwer; 2018, p:
- Rossi, R., Bruzzzone, M., Dettoni, F., & Margheritini, F. (2011). Clinical examination of the knee. In *Orthopedic sports medicine* (pp. 319-340): Springer.
- Salenius, P., & Vankka, E. The development of the tibiofemoral angle in children. *JBJS*. 1975; 57 (2): 259-261.
- Saragaglia, D., & Roberts, J. (2005). Navigated osteotomies around the knee in 170 patients with osteoarthritis secondary to genu varum. In (Vol. 28, pp. S1269-S1274): SLACK Incorporated Thorofare, NJ.
- Savage, R. J., Lay, B. S., Wills, J. A., Lloyd, D. G., & Doyle, T. L. Prolonged running increases knee moments in sidestepping and cutting manoeuvres in sport. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2018; 21 (5): 508-512.
- Scorcelletti, M., Reeves, N. D., Rittweger, J., & Ireland, A. Femoral anteversion: Significance and measurement. *Journal of anatomy*. 2020; 237 (5): 811-826.
- Seitlinger, G., Scheurecker, G., Högl, R., Labey, L., Innocenti, B., & Hofmann, S. Tibial tubercle–posterior cruciate ligament distance: A new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. *The American journal of sports medicine*. 2012; 40 (5): 1119-1125.

- Shands Jr, A., & Steele, M. K. Torsion of the femur: A follow-up report on the use of the dunlap method for its determination. JBJS. 1958; 40 (4): 803-816.
- Sheehy, L., Felson, D., Zhang, Y., Niu, J., Lam, Y.-M., Segal, N., . . . Cooke, T. D. V. Does measurement of the anatomic axis consistently predict hip-knee-ankle angle (hka) for knee alignment studies in osteoarthritis? Analysis of long limb radiographs from the multicenter osteoarthritis (most) study. Osteoarthritis and cartilage. 2011; 19 (1): 58-64.
- Soligard, T., Bahr, R., & Andersen, T. E. Injury risk on artificial turf and grass in youth tournament football. Scandinavian journal of medicine & science in sports. 2012; 22 (3): 356-361.
- Steindler, A. Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions. Spring-field, il. Charles C Thomas. 1977.
- Sutherland, D. H., Olshen, R., Cooper, L., & Woo, S. L. The development of mature gait. J Bone Joint Surg Am. 1980; 62 (3): 336-353.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D., & Zumbo, B. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. British journal of sports medicine. 2002; 36 (2): 95-101.
- Taylor, E. D., Theim, K. R., Mirch, M. C., Ghorbani, S., Tanofsky-Kraff, M., Adler-Wailes, D. C., . . . Yanovski, J. A. Orthopedic complications of overweight in children and adolescents. Pediatrics. 2006; 117 (6): 2167-2174.
- Thaller, P. H., Fürmetz, J., Chen, F., Degen, N., Manz, K. M., & Wolf, F. Bowlegs and intensive football training in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. Deutsches Ärzteblatt International. 2018; 115 (24): 401.
- Thijs, Y., Bellemans, J., Rombaut, L., & Witvrouw, E. Is high-impact sports participation associated with bowlegs in adolescent boys? Medicine and science in sports and exercise. 2012; 44 (6): 993-998.
- Tourville, T. W., Jarrell, K. M., Naud, S., Slauterbeck, J. R., Johnson, R. J., & Beynnon, B. D. Relationship between isokinetic strength and tibiofemoral joint space width changes after anterior cruciate ligament reconstruction. The American journal of sports medicine. 2014; 42 (2): 302-311.
- Traina, F., De Fine, M., & Affatato, S. (2013). Anatomy of the knee and suitable prostheses. In *Wear of orthopaedic implants and artificial joints* (pp. 115-132): Elsevier.

- Turner, M. S. The association between tibial torsion and knee joint pathology. *Clinical orthopaedics and related research*. 1994; (302): 47-51.
- Verhagen, E., Bolling, C., & Finch, C. F. (2015). Caution this drug may cause serious harm! Why we must report adverse effects of physical activity promotion. In: BMJ Publishing Group Ltd and British Association of Sport and Exercise Medicine.
- Voloc, A., Esterle, L., Nguyen, T., Walrant-Debray, O., Colofitchi, A., Jehan, F., & Garabedian, M. High prevalence of genu varum/valgum in european children with low vitamin d status and insufficient dairy products/calcium intakes. *European journal of endocrinology*. 2010; 163 (5): 811.
- Volpi, P. *Football traumatology: New trends*: Springer; 2015, p:
- Wang, J.-W., Kuo, K., Andriacchi, T., & Galante, J. The influence of walking mechanics and time on the results of proximal tibial osteotomy. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1990; 72 (6): 905-909.
- Weidenhielm, L., Svensson, O., Broström, L., & Mattsson, E. (1994). *Adduction moment of the knee compared to radiological and clinical parameters in moderate medical osteoarthritis of the knee*. Paper presented at the *Annales chirurgiae et Gynaecologiae*.
- Witvrouw, E., Danneels, L., Thijs, Y., Cambier, D., & Bellemans, J. Does soccer participation lead to genu varum? *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*. 2009; 17 (4): 422-427.
- Woodland, L. H., & Francis, R. S. Parameters and comparisons of the quadriceps angle of college-aged men and women in the supine and standing positions. *The American journal of sports medicine*. 1992; 20 (2): 208-211.
- Yamada, H., Koshino, T., Sakai, N., & Saito, T. Hip adductor muscle strength in patients with varus deformed knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2001; 386: 179-185.
- Yaniv, M., Becker, T., Goldwirt, M., Khamis, S., Steinberg, D. M., & Weintraub, S. Prevalence of bowlegs among child and adolescent soccer players. *Clinical journal of sport medicine*. 2006; 16 (5): 392-396.
- Zwipp, H., & Randt, T. Ankle joint biomechanics. *Foot and Ankle Surgery*. 1994; 1 (1): 21-27.

EKLER

Ek 1. Etik Kurul Kararı



T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 70904504/
Konu :

...../...../2020

Sayın

Doç.Dr.Tuba MELEKOĞI.U
Akdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi
Öğretim Üyesi

Değerlendirilmek üzere Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na başvuruda bulunduğunuz "Futbolcularda Alt Ekstremitte Dizilimin Manyetik Rezonans Görüntüleme ile Değerlendirilmesi ve Dizilimin İzokinetik Kuvvet Üzerine Etkilerinin İncelenmesi" adlı araştırmaya ait alınan kurul kararı ekte sunulmuştur.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Eki: Kurul kararı

Adres : Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı 1. Kat ANTALYA
Tel : (242)249 69 54
Faks : (242) 249 69 03
e-posta : etik@akdeniz.edu.tr

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU**

2020

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlığı Morfoloji Binası A Blok 1. Kat No: A1-05 Kampüs /ANTALYA
	TELEFON	0 (242) 249 69 54
	FAKS	0 (242) 249 69 03
	E-POSTA	etik@akdeniz.edu.tr
	ETİK KURUL KODU	2012-KAEK-20
PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI		Doç.Dr.Tuba MELEKOĞLU
ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		Futbolcularda Alt Ekstremité Dizilimin Manyetik Rezonans Görüntüleme ile Değerlendirilmesi ve Dizilimin İzokinetik Kuvvet Üzerine Etkilerinin İncelenmesi
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:KAEK- 917	Tarih: 09.12.2020
	Yukarıda bilgileri verilen çalışmanın yapılmasında bilimsel ve etik açısından sakınca olmadığına oy birliği ile karar verilmiştir.	

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	Ali	Uyruğu	T.C
Soyadı	Işın	Tel no	
Doğum tarihi		e-posta	

Eğitim Bilgileri

Mezun olduğu kurum		Mezuniyet yılı
Lisans	Gazi Üniversitesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü	2013
Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi, Hareket Antrenman ABD.	2018
Doktora	Akdeniz Üniversitesi, Hareket Antrenman ABD.	2022

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Araştırma Görevlisi	Akdeniz Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Hareket Antrenman ABD	2017- ...

Yabancı Dilleri	Sınav türü	Puanı
İngilizce	YÖKDİL - Sağlık Bilimleri	80.0
İngilizce	YDS	67.5

Proje Deneyimi

Proje Adı	Destekleyen kurum	Süre (Yıl-Yıl)
İzokinetik Antrenman ve Toparlanmada Elektroyarım Uygulamalarının Etkileri	Akdeniz Üniversitesi BAP	2020-2021
Spor Tırmanış Sonrası Elektroyarım Toparlanmanın Etkilerinin İncelenmesi	Akdeniz Üniversitesi BAP	2019-2022
Genç Erkek Futbolcularda Farklı Alt Ekstremitte Asimetrisinin 30m. Sprint ve Yön Değiştirme Performansına Etkisinin İncelenmesi	Akdeniz Üniversitesi BAP	2019-2021

Yayınlar

1. **Işın, A., & Peden, A. E.** (2022). Assessing variations in estimates of drowning mortality in Turkey from 2013 to 2019. *Archives of public health*, 80(1), 1-10.
2. **Peden, A. E., & Işın, A.** (2022). Drowning in the Eastern Mediterranean region: a systematic literature review of the epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *BMC public health*, 22(1), 1-16.
3. **Bilgiç, M., & Işın, A.** (2022). Embarking on a journey: a bibliometric analysis of the relative age effect in sport science. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 1-8.
4. **Işın, A., Akdağ, E., Özdoğan, E. Ç., & Bishop, C.** (2022). Associations between differing magnitudes of inter-limb asymmetry and linear and change of direction speed performance in male youth soccer players. *Biomedical Human Kinetics*, 14(1), 67-74.
5. **Işın, A., Turgut, A., & Peden, A. E.** (2021). Epidemiology of football-related sudden cardiac death in Turkey. *Medicina*, 57(10), 1105.
6. **Işın, A., Turgut, A., & Peden, A. E.** (2021). Descriptive epidemiology of rescue-related fatal drowning in Turkey. *International journal of environmental research and public health*, 18(12), 6613.
7. **Işın, A.** (2021) The relative age effect in successful national football teams, *Kinesiologia Slovenica*, 27(2) 40-51.
8. **Işın, A., & Melekoğlu, T.** (2020). Genu varum and football participation: Does football participation affect lower extremity alignment in adolescents?. *The Knee*, 27(6), 1801-1810.
9. **Işın, A., Akdağ, E., & Turgut, A.** (2020). The epidemiology of fatal drowning in children: a 13-year retrospective study in Turkey. *International journal of injury control and safety promotion*, 27(4), 465-471.
10. **Işın, A.** (2021) The relative age effect in successful national football teams, *Kinesiologia Slovenica*, 27(2) 40-51.
11. **Işın, A., Kaplan, E., Gündoğdu, A., Merdan, Ö., Sadi, M., & Özdoğan, E. Ç.** (2020). Rezidüel kuvvet gelişimi üzerine etki eden faktörler. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri*, 12(2).
12. **Işın, A., & Melekoğlu, T.** (2020). Profesyonel futbolcularda antropometrik değişkenler, yaş ve futbola katılım ile genu varum arasındaki ilişki. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(4), 46-53.

13. **Işın, A., & Melekoğlu, T.** (2020). The relative age effect in FIFA U-17 World Cup: The role of the playing position and the continent. *Baltic Journal of Health and Physical Activity*, 12(2), 12-18.
14. Melekoğlu, T., Sezgin, E., **Işın, A., & Türk, A.** (2019). The effects of a physically active lifestyle on the health of former professional football players. *Sports*, 7(4), 75.
15. Melekoğlu, T., & **Işın, A.** (2019). The Relationship between football participation level and lower leg alignment in youth males: Genu varum. *Journal of Education and Training Studies*, 7(2), 137-141.
16. Melekoğlu, T., **Işın A., & Türk, A.** (2019). Low handgrip strength levels in non-athlete adolescents compared to adolescent athletes. *Journal of Education and Training Studies*, 7(2), 51-56.
17. **Işın, A., & Melekoğlu, T.** (2019). The effects of acute strength training on bioelectrical impedance measurements. *Cukurova Medical Journal*, 44(1), 80-86.
18. **Işın, A.** Löküoğlu, B., Türk, A., & Melekoğlu, T. Maksimal aerobik egzersiz sonrası laktat seviyelerinde cinsiyet farklılıkları. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 2(2), 146-154.
19. Melekoğlu, T., **Işın A., & Ünlü, G.** (2018). Antrenmanın 13-14 yaş adölesanlarda solunum sistemi üzerine etkileri. *Ulusal Spor Bilimleri Dergisi*, 2(1), 1-7.
20. Turgut, A., **Işın, A., & Akdağ, E.** (2018). Yüzme havuzlarındaki suda boğulma vakalarının incelenmesi. *İstanbul Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 8(1), 69-76.
21. **Işın, A., Özus, Ç. B. Ö., & Melekoğlu, T.** (2018). 13-14 Yaş arası adölesanlarda el boyutları ile el kavrama kuvvetinin ilişkisi. *Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi*, 5(1), 9-19.

Bildiriler

1. Yiğit U., Küpeli K.C., **Işın A., Melekoğlu T.** (2022). Akut yüksek şiddetli interval antrenmanın kalp atım hızı değişkenliği üzerine etkileri. 14. Ulusal Spor Bilimleri Kongresi, 70-71.
2. Madenci G., **Işın A., Toktaş N., Ak E., Melekoğlu T.** (2022). Elit Genç Futbolcularda Vücut Yağ Yüzdesinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemlerin Geçerliliği. 14. Ulusal Spor Bilimleri Kongresi, Afyon. 44-45.
3. Demirkıran B., **Işın A., Melekoğlu T.** (2022). Elit Grekoromen Güreşçilerde Antrenmanlı ve Antrenmansız Dönemin Kalp Atım Hızı Değişkenliği

Üzerine Etkisinin İncelenmesi. 6. Uluslararası Egzersiz ve Spor Psikolojisi Kongresi, 59-60.

4. Küpeli K.C., Yiğit U., **Işın A.**, Melekoğlu T. (2022). Akut metabolik kondisyon ve yüksek şiddetli interval antrenmanların kalp atım hızı değişkenliği üzerine etkileri. 14. Ulusal Spor Bilimleri Kongresi, Afyon. 54-55.
5. Akdağ E., **Işın A.**, Çetin Özdoğan E. (2021). Genç Erkek Futbolcularda Bacak Asimetrisinin Sprint ve Yön Değiştirme Performansına Etkileri. Hareket ve Motor Kontrol Kongresi, 68-69.
6. **Işın, A.**, & Melekoğlu, T. (2018). Futbola Katılım Düzeyinin Genç Erkeklerde Genu Varum Üzerine Etkisinin İncelenmesi. 16. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 858.
7. Arslan, B., **Işın, A.**, & Melekoğlu, T. (2018). Yaşlılarda kas kütlesi ve kuvvet ilişkisi. 16. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 147.
8. Sezgin, E., Türk, A., **Işın, A.**, & Melekoğlu, T. (2018). Futbolu bırakan kişilerde serbest zaman egzersiz düzeylerinin kan yağları ve vücut yağ yüzdesi üzerine etkileri. 16. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 796.
9. Melekoğlu, T., Arslan, B., Löklüoğlu, B., & **Işın, A.** (2017). 12-16 Yaş arası adölesanlarda kuvvet parametrelerinin korelasyonu. 15. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 656-657.
10. Löklüoğlu, B., Tatlıcı, A., **Işın, A.**, & Melekoğlu, T. (2017). Maksimal aerobik performans ve laktat seviyelerinde cinsiyet farklılıkları. 15. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 662-663.
11. Melekoğlu, T., **Işın, A.**, & Özus, Ç.B.Ö. (2017). 13-14 yaş arası adölesanlarda el boyutları ile el kavrama kuvvetinin ilişkisi. Dünya Spor Bilimleri Araştırmaları Kongresi, 519.