

**TC.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ  
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

**GENU VARUM VE VALGUS DEFORMİTESİ OLAN PEDIATRİK  
HASTALARDA SERUM KALSİYUM, PARATHORMON, D VİTAMİNİ,  
ALKALEN FOSFATAZ, BÜYÜME HORMONU, MAGNEZYUM  
PARAMETRELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**UZMANLIK TEZİ  
Dr. Hüseyin KÜRÜM**

**TEZ DANIŞMANI  
Dr. Öğr. Üyesi Şükrü DEMİR**

**ELAZIĞ  
2021**

## DEKANLIK ONAYI

Prof. Dr. Metin Kaya GÜRGÖZE

DEKAN

Bu tez Uzmanlık Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.

Prof. Dr. Erhan YILMAZ

Ortopedi Ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Tez tarafınızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Uzmanlık Tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Şükrü DEMİR \_\_\_\_\_ Danışman

### Uzmanlık Sınavı Jüri Üyeleri

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

## TEŞEKKÜR

Uzun ve zorlu uzmanlık eğitimim boyunca iyi bir uzman hekim olarak yetişmemde emeği olan, her türlü sıkıntıda büyük bir duyarlılıkla bilgi, birikim ve klinik tecrübelerini benimle paylaşan, güler yüzlü ve samimi tavırlarıyla bana örnek olan değerli hocalarımız sayın Prof. Dr. Erhan YILMAZ'a, Prof. Dr. Oktay BELHAN'a, Doç.Dr. Murat GÜRGER'e ve Dr. Öğretim Üyesi Şükrü DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımnda büyük bir özveriyle yanımda olup çalışmalarına katkıda bulunan tez hocam Dr. Öğretim Üyesi Şükrü DEMİR'e ayrıca teşekkür ederim.

Klinikte geçirdiğim süre boyunca çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, birlikte çalıştığımız sekreterlerimize, hemşire arkadaşlarımıza ve personel arkadaşlarımıza geçirdiğimiz güzel günler için teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca beni destekleyen sevgili annem, babam ve kardeşlerime sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

## ÖZET

Çocukların alt ekstremitte koronal plan açılanmaları sık görülür. Çalışmalar genu varum ya da valguslu çocuklarda tanı ve tedavi şekli belirlenirken radyografi ile birlikte D vitamini, kalsiyum (Ca), parathormon (PTH), magnezyum (Mg) ve alkalen fosfataz (ALP) gibi kemik metabolizma parametrelerinin mutlaka sorgulanması gerektiğini göstermektedir. Bu tez çalışmasının amacı, genu varum ya da genu valgum deformitesine sahip çocuk hastaların kemik metabolizma parametreleriyle olan ilişkisinin araştırılmasıdır.

Çalışmaya ortopedi polikliniğine genu varum ve genu valgum tanılarıyla başvuran, daha önce D vitamini, Ca, PTH, Mg ve ALP gibi parametreleri çalışılmış 45 hasta çalışmaya dâhil edildi. Bu amaçla hasta dosyaları, picture archiving communication systems (PACS) içerisindeki X-RAY grafileri, ortoröntgenogramları kullanıldı. Verilerin analizinde Kikare analizi, Shapiro-Wilk testi, Student t testi, Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Verilerin analizinde SPSS 22 paket programı kullanılmıştır. Anlamlılık değeri  $p < 0,05$  olarak alınmıştır.

Hastaların 44'ü (%97.8) bilateral iken sadece biri (%2.2) tek taraflıdır. Kızların 17'sinde (%85) genu varum, erkeklerin ise 19'unda (%76) genu varum görülmüştür. Genu varum tanısı olanların yaş ortalaması ( $4.3 \pm 4.8$ ) genu valgum tanısı olan hastaların yaş ortalamasından ( $11.9 \pm 4.1$ ) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). Hastalık tanıları arasında Ca (mg/dl), D vitamini (mcg/L), PTH (pg/mL), ALP (U/L) ve Mg (mg/dl) açısından anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir ( $p > 0.05$ ). Ca (mg/dl) ile PTH (pg/mL) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. PTH (pg/mL) ile ALP (U/L) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur. Hastaların 44'ünün (%97.8) Ca değeri, 23'ünün (%51.1) D vitamini değeri, 33'ünün (%73.3) PTH değeri, 2'sinin (%4.4) ALP değeri ve 43'ünün (%95.6) Mg değeri normal olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak; genu varum ya da genu valgum deformitesi olan, pediatrik hastaların çoğunda kemik metabolizma parametrelerinde anlamlı düzeyde değişiklikler saptanmıştır. Özellikle ALP' nin ilerliyen yıllarda bir tarama testi olarak kullanılabileceğini söyleyebiliriz. Genu varum ya da genu valgum deformitesine sahip hastalar değerlendirilirken kemik metabolizma parametrelerinin mutlaka sorgulanması gerektiğine öneriyoruz.

**Anahtar Kelime:** Genu varum, Genu valgum, Kemik metabolizma parametreleri

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF SERUM CALCIUM, PARATHORMONE, VITAMIN D, ALKALINE PHOSPHATASE, GROWTH HORMONE, MAGNESIUM IN PEDIATRIC PATIENTS WITH GENU VARUM AND VALGUS DEFORMITY**

Lower extremity coronal plane angulations are common in children. Studies show that bone metabolism parameters such as vitamin D, calcium (Ca), parathyroid hormone (PTH), magnesium (Mg) and alkaline phosphatase (ALP) should be questioned together with radiography when determining the diagnosis and treatment method in children with genu varum or valgus. The aim of this thesis is to investigate the relationship between pediatric patients with genu varum or genu valgum deformity and bone metabolism parameters.

Forty-five patients who were admitted to the orthopedic outpatient clinic with the diagnosis of genu varum and genu valgum and whose parameters such as vitamin D, Ca, PTH, Mg and ALP were studied were included in the study. For this purpose, patient files, X-RAY graphs in the picture archiving communication systems (PACS), orthoroentgenograms were used. In the analysis of the data, Chi-square analysis, Shapiro-Wilk test, Student t test, Pearson correlation analysis were used. SPSS 22 package program was used in the analysis of the data. The significance value was taken as  $p < 0.05$ .

While 44 (97.8%) of the patients are bilateral, only one (2.2%) is unilateral. Genu varum was observed in 17 (85%) of the girls and 19 (76%) of the boys. The mean age of those diagnosed with genu varum ( $4.3 \pm 4.8$ ) was found to be significantly lower than the average age of patients diagnosed with genu valgum ( $11.9 \pm 4.1$ ) ( $p < 0.001$ ). Ca (mg / dl) among disease diagnoses, It was determined that there was no significant difference in terms of vitamin D (mcg/L), PTH (pg / mL), ALP (U / L) and Mg (mg / dl) ( $p > 0.05$ ) Ca (mg / dl) and PTH (pg / mL) was found to be negatively significant. A significant positive correlation was found between PTH (pg / mL) and ALP (U / L). Ca value of 44 (97.8%) patients, vitamin D value of 23 (51.1%), PTH value of 33 (73.3%), ALP value of 2 (4.4%) and The Mg values of 43 (95.6%) were found to be normal.

As a result; Significant changes in bone metabolism parameters were found in most pediatric patients with genu varum or genu valgum deformity. We can say that especially ALP can be used as a screening test in the upcoming years. We recommend that bone metabolism parameters should be questioned when evaluating patients with genu varum or genu valgum deformity.

**Keywords:** Genu varum, Genu valgum, Bone metabolism parameters



## İÇİNDEKİLER

|                                           |             |
|-------------------------------------------|-------------|
| <b>ONAY SAYFASI</b>                       | <b>i</b>    |
| <b>BAŞLIK SAYFASI</b>                     | <b>ii</b>   |
| <b>TEŞEKKÜR</b>                           | <b>iii</b>  |
| <b>ÖZET</b>                               | <b>iv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b>                           | <b>v</b>    |
| <b>İÇİNDEKİLER</b>                        | <b>vii</b>  |
| <b>TABLO LİSTESİ</b>                      | <b>viii</b> |
| <b>ŞEKİL LİSTESİ</b>                      | <b>ix</b>   |
| <b>KISALTMALAR LİSTESİ</b>                | <b>xi</b>   |
| <b>1. GİRİŞ</b>                           | <b>1</b>    |
| 1.1. Genel Bilgiler                       | 1           |
| 1.2. Alt Ekstremitte Eklemleri Anatomisi  | 2           |
| 1.3. Normal Dizilim Ve Eklem Oryantasyonu | 9           |
| 1.4. Görüntüleme Ve Ölçümler              | 17          |
| 1.5. Alt Ekstremitte Biyomekaniği         | 18          |
| 1.6. Kemik Metabolizma Hormonları         | 27          |
| <b>2. GEREÇ ve YÖNTEM</b>                 | <b>33</b>   |
| 2.1. Çalışma Grubu                        | 33          |
| 2.2. Ölçüm Parametreleri                  | 33          |
| 2.3. Radyolojik İnceleme                  | 34          |
| 2.4. Labaratuvar Ölçümleri                | 34          |
| 2.5. İstatistiksel Analiz                 | 35          |
| <b>3. BULGULAR</b>                        | <b>36</b>   |
| <b>4. TARTIŞMA</b>                        | <b>43</b>   |
| <b>5. KAYNAKLAR</b>                       | <b>47</b>   |
| <b>6. ÖZGEÇMİŞ</b>                        | <b>55</b>   |

## TABLO LİSTESİ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Alt ekstremitte dizilim ve eklem oryantasyon açılarının normal değerleri .         | 11 |
| <b>Tablo 2.</b> Hastaların demografik özellikleri, tanıları, taraf ve ek patolojileri              | 36 |
| <b>Tablo 3.</b> Hastaların yaş, tanı, taraf ve ek patolojilerinin cinsiyete göre karşılaştırılması | 37 |
| <b>Tablo 4.</b> Hastaların yaş, taraf ve ek patolojilerinin tanıya göre karşılaştırılması          | 38 |
| <b>Tablo 5.</b> Hastaların yaş ve laboratuvar parametrelerinin korelasyonu                         | 39 |
| <b>Tablo 6.</b> Hastalarının kan değerlerinin kategorisi                                           | 41 |
| <b>Tablo 7.</b> Hastaların kan değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırılması                       | 41 |
| <b>Tablo 8.</b> Hastaların kan değerlerinin tanıya göre karşılaştırılması                          | 42 |

## ŞEKİL LİSTESİ

|           |                                                                   |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 1.  | Os pelvis, Asetabuler yüzden görünüş ve Y kırırdağı               | 3  |
| Şekil 2.  | Asetabuler yüzden bakış. Facies lunata, fossa acetabuli ve labrum | 3  |
| Şekil 3.  | Asetabulum normal açılanması                                      | 4  |
| Şeki 4.   | a. Femur boyun                                                    | 4  |
| Şeki 4.   | b. Femur antetorsiyon açısı                                       | 4  |
| Şekil 5.  | Diz eklemi                                                        | 5  |
| Şekil 6.  | Patella ve eklem yüzleri                                          | 5  |
| Şekil 7.  | Tibia proksimali eklem yüzleri, menisküs ve iç bağlar             | 6  |
| Şekil 8.  | Diz eklemi bağları anterior ve posteriordan görünüm               | 7  |
| Şekil 9.  | Diz eklemi ve bağları. Lateral ve medialden görünüm               | 7  |
| Şekil 10. | Tibia ve fibula distal eklem yüzü                                 | 8  |
| Şekil 11. | Tibiotalar eklemin anterior posterior ve superiordan görünüşü     | 9  |
| Şekil 12. | Tibia ve femurun anatomik ve mekanik aksları                      | 9  |
| Şekil 13. | Femur ve tibiada eklem oryantasyon açılarını ölçümü               | 10 |
| Şekil 14. | Alt ekstremitede anatomik ve mekanik akslara göre açılar          | 11 |
| Şekil 15. | Alt ekstremitte duruş şekilleri ve açısal ilişkileri              | 12 |
| Şekil 16. | Genu Varum                                                        | 14 |
| Şekil 17. | Genu Valgum                                                       | 16 |
| Şekil 18. | Kapalı kinematik zincir ve açık kinematik zincirin görünümü       | 19 |
| Şekil 19. | Kalça hareket açıklığı                                            | 20 |
| Şekil 20. | Asetabuler inklinasyon açısı                                      | 21 |
| Şekil 21. | Wiberg'in merkez kenar açısı                                      | 21 |
| Şekil 22. | Merkez-kenar açısı ile temas yüzeyi arasındaki ilişki             | 22 |
| Şekil 23. | Kalça ekleminin kaldıraç özelliği                                 | 23 |
| Şekil 24. | Ayakta durma pozisyonunda femur başı yük dağılımı alanları.       | 23 |
| Şekil 25. | Ward üçgeninin kesitsel ve temsili görüntüsü                      | 24 |
| Şekil 26. | Femur interkondiler aksı (sarı) ve hareket aksı (yeşil)           | 25 |
| Şekil 27. | Ayak bileği hareket açıklığı                                      | 26 |
| Şekil 28. | Ayakta trabeküler sistemin şematik görünümü                       | 27 |
| Şekil 29. | Hastaların yaşlarının tanıya göre karşılaştırılması               | 38 |

|                  |                                                |    |
|------------------|------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 30.</b> | Ca (mg/dl) ile PTH (pg/mL) korelasyonu         | 39 |
| <b>Şekil 31.</b> | Ca (mg/dl) ile ALP (U/L) korelasyonu           | 39 |
| <b>Şekil 32.</b> | D vitamini (mcg/L) ile PTH (pg/mL) korelasyonu | 40 |
| <b>Şekil 33.</b> | ALP (U/L) ile PTH (pg/mL) korelasyonu          | 40 |



## KISALTMALAR LİSTESİ

|                               |                                               |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| <b>1,25 (OH)<sub>2</sub>D</b> | : 1,25-dihidroksikolekalsiferol               |
| <b>25 (OH)D</b>               | : 25-hidroksikolekalsiferol                   |
| <b>aLDFA</b>                  | : Anatomik lateral distal femoral aç1         |
| <b>ALP</b>                    | : Alkalen fosfataz                            |
| <b>AMA</b>                    | : Anatomik ve mekanik aks arasındaki aç1      |
| <b>aMDFA</b>                  | : Anatomik medial distal femoral aç1          |
| <b>aTFA</b>                   | : Anatomik tibiofemoral aç1                   |
| <b>BT</b>                     | : Bilgisayarlı tomografi                      |
| <b>Ca</b>                     | : Kalsiyum                                    |
| <b>CE</b>                     | : Center (merkez)-edge (kenar)                |
| <b>dL</b>                     | : Desilitre                                   |
| <b>IGF</b>                    | : İnsülin benzeri büyüme faktörü              |
| <b>K</b>                      | : Potasyum                                    |
| <b>LDTA</b>                   | : Lateral distal tibial eklem aç1s1           |
| <b>LDT-YDA</b>                | : Lateral distal tibial-yer düzlemi arası aç1 |
| <b>M.</b>                     | : Muskulus                                    |
| <b>MAS</b>                    | : Mekanik aks sapması                         |
| <b>Mcg</b>                    | : Mikrogram                                   |
| <b>Mg</b>                     | : Magnezyum                                   |
| <b>mLDFA</b>                  | : Mekanik lateral distal femoral aç1          |
| <b>MNSA</b>                   | : Medial neck (boyun)-şaft aç1s1              |
| <b>MPa</b>                    | : Megapaskal                                  |
| <b>MPTA</b>                   | : Medial proksimal tibial eklem aç1s1         |
| <b>mTFA</b>                   | : Mekanik tibiofemoral aç1                    |
| <b>Na</b>                     | : Sodyum                                      |
| <b>ÖÇB</b>                    | : Ön çapraz bağ                               |
| <b>P</b>                      | : Fosfor                                      |
| <b>PACS</b>                   | : Picture archiving communication systems     |
| <b>Pg</b>                     | : Pikogram                                    |
| <b>PTH</b>                    | : Parathormon                                 |
| <b>Zn</b>                     | : Çinko                                       |

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Genel Bilgiler

Çocukların alt ekstremitte koronal plan açılanmaları sık izlenir ve ortopedi polikliniğine sık başvuru nedenlerindendir. Genelde bu durum fizyolojik olarak izlenir. Koronal düzlemde alt ekstremitenin açısal deformitelerinin anormal fizyolojik açılanma, enfeksiyon, travma, iskelet displazisi ve metabolik hastalık gibi birçok nedeni vardır (1).

Genu varum, radyografik olarak normalde 0–6 derece valgusta olan anatomik tibiofemoral aksın varusta olmasıdır veya alt ekstremitte mekanik aksının diz eklemi orta noktası yerine yerine mediyal eklem aralığından geçmesi olarak söylenebilir (2).

Genu valgum ise anatomik tibiofemoral açının 7 derecenin üzerinde valgusta olduğu açısal deformite olarak izlenir. 10 dereceden fazla olduğunda, yürüme mekaniği bozulmakta ve patella önü ağrı, makaslayarak yürüme veya patellofemoral çıkık da eşlik edebilmektedir (3, 4).

Dizdeki sıklıkla genu varum veya valgum olarak görülen deformitelerin radyografik incelemelerinde, diz eklemi çevresinde tibiofemoral açı (TFA), mekanik lateral distal femoral açı (mLDFA) ve mediyal proksimal tibial açı (mMPTA) izlenmelidir. Lateral distal tibial açınında (LDTA) ölçümü yapılmalıdır. Mekanik aks deviyasyonu (MAD) ise, mekanik aksın diz merkezinden mesafesinin milimetre cinsinden ölçümü ile tesbit edileceği gibi, özellikle son zamanlarda alt ekstremitte mekanik aksının diz ekleminden geçerken diz orta noktasına olan mesafesinin mediyal tibial platonun radyografik olarak genişliğine oranının yüzde olarak ifadesi ile tanımlanır. Bu tanımlama lateral eklem aralığı için de benzer şekilde yapılmakta ve lateralde pozitif değer, mediyalde negatif değerler izlenmektedir. Ancak radyografik ölçümler küçük yaştaki deformiteli hastalarda doğru sonuçlar vermiyebilir ve ek değerlendirmeler gerekebilmektedir (5, 6).

Genu varum ya da valguslu çocuklarda tanı ve tedavi şekli belirlenirken radyografik ölçümlerle birlikte kemik metabolizma parametreleri mutlaka sorgulanmalıdır. Kemik metabolizmasında D vitamini önemli bir yere sahiptir. D vitamini eksikliğine bağlı rikets hastalığı gelişir. Rikets ise kıkırdığın ve kemiğin mineralizasyonundaki defektir. Rikets çocuklarda bulaşıcı olmayan hastalıklar

arasında en sık izlenen durumdur ve ülkemizdeki görülme sıklığı farklı kaynaklarda %1,6-19 arasında bildirilmiştir (7). D vitamini; kalsiyum, parathormon, magnezyum ve alkalen fosfataz gibi diğer kemik metabolizma parametreleriyle ilişkilidir. D vitamini yeterli alındığında alınan Ca'nın %30, büyüme döneminde %60-90'ı bağırsaktan absorbe edilir. D vitamini yetmezliğinde ise bu oran sadece %10-15%'e kadar geriler. Kanda iyonize Ca düşüklüğü PTH salınımını indükler. Artmış PTH ise Ca'nın renal tübüler geri emilimini ve 1-25-dihidroksi D sentezini sağlayan 1- $\alpha$ -hidroksilaz enzim aktivite düzeyini arttırır (8-10).

Hastanemize daha önce başvurmuş olan genu varum ve genu valgus deformiteli çocuklarda serum D vitamini, kalsiyum parathormon, magnezyum, alkalen fosfataz gibi kemik metabolizma parametreleri daha önce çalışılmıştır. Bu çalışmanın amacı hastanemize başvuran genu varum ve genu valguslu çocuklarda serum D vitamini, kalsiyum parathormon, magnezyum, alkalen fosfataz parametrelerinde anlamlı bir farklılık olup olmadığını araştırmaktır.

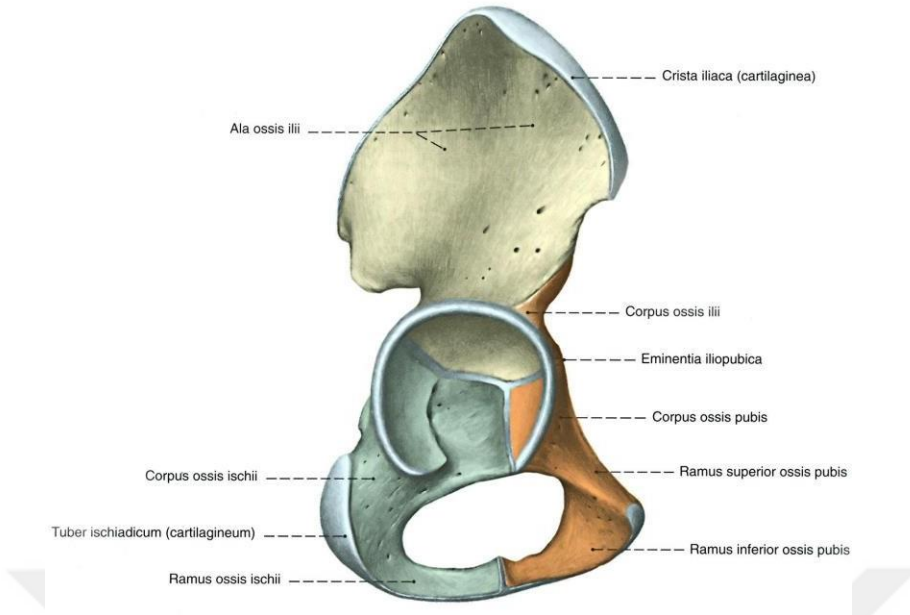
## **1.2. Alt Ekstremit Eklemleri Anatomisi**

Vücudumuzun kalça, uyluk, diz, baldır ve ayak bölümlerini içeren yapı alt ekstremitedir. Proksimalden distale doğru; pelvis, kalça eklemi, femur, diz eklemi, patellofemoral eklem, tibia ve fibula, tibiotalar eklem, talokalkaneal eklem ve ayağın diğer tüm kemik ve eklemleri alt ekstremiteye aittir (11).

### **1.2.1. Kalça Eklemi**

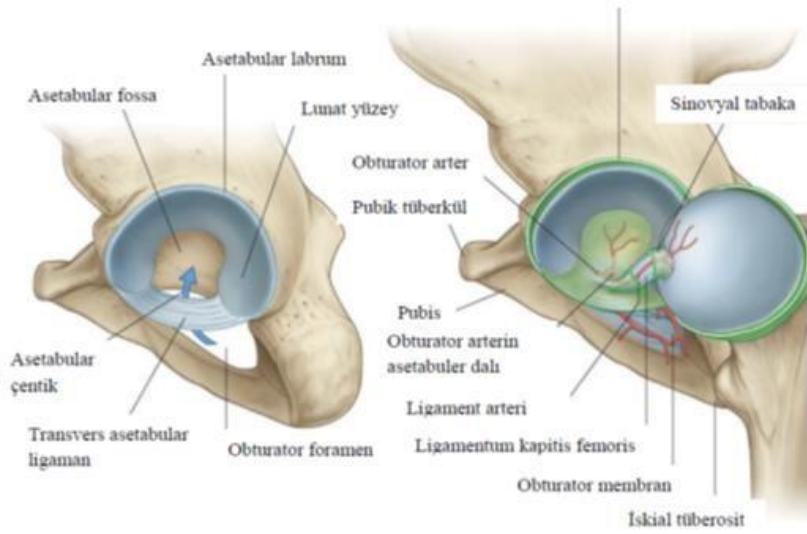
Kalça eklemi (articulatio coxae), femur başının asetebulum ile yaptığı sferoid tip bir eklemdir (11).

İlium, pubis ve ischium kemiklerinin birleşimiyle oluşan asetebulum yarım küre şeklindeki konkav bir yapıdır. Bu üç kemiğin birleştiği alanda triradiat kırkırdak da denilen, erişkin dönemde kapanan, Y şeklindeki kırkırdak yapı bulunur (12) (Şekil 1).



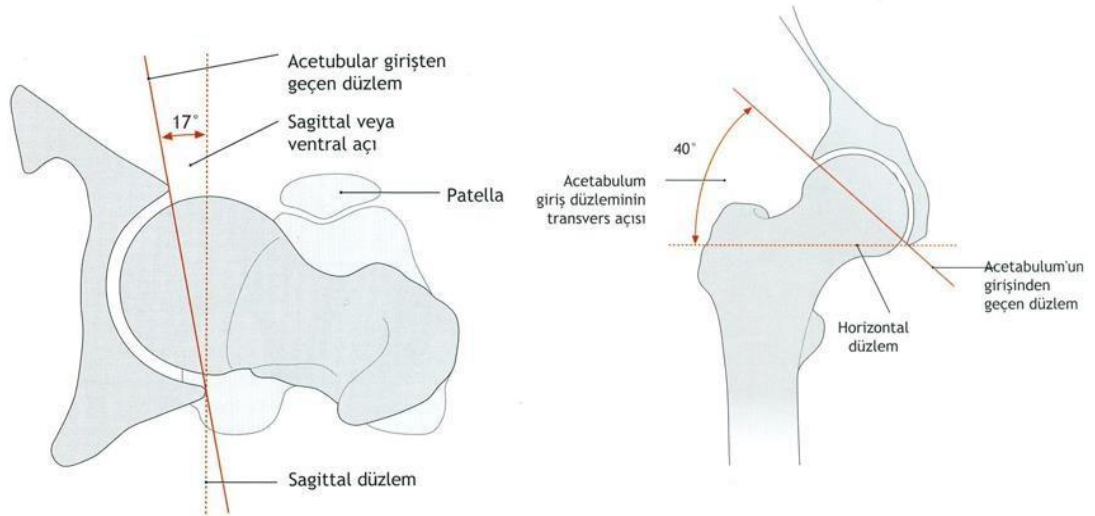
**Şekil 1.** Os pelvis, Asetabuler yüzden görünüş ve Y kıkırdağı (12).

Asetabulumun santrali kıkırdaksızdır. Fossa acetabuli denilen bu alanda yağ dokusu ve ligamentum teres (ligamentum capitis femoris) bulunur (Şekil 2).



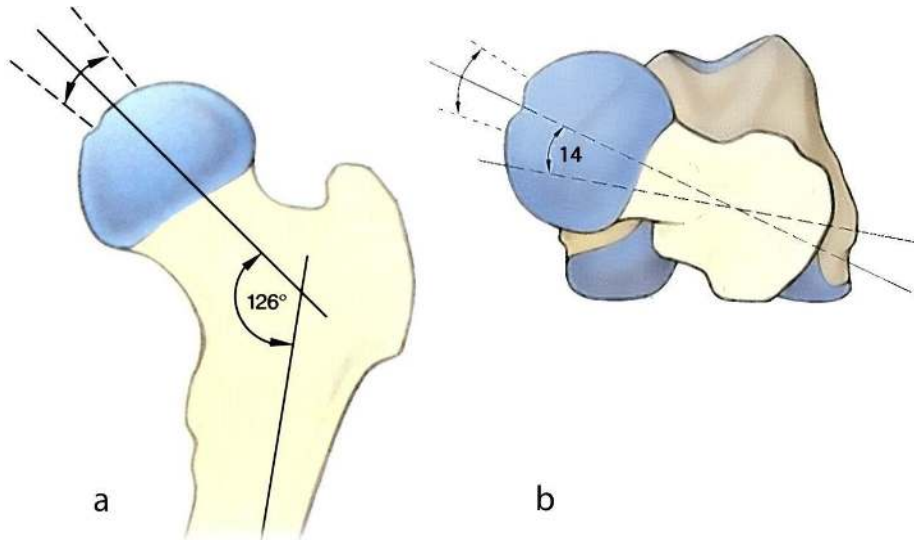
**Şekil 2.** Asetabuler yüzden bakış. Facies lunata, fossa acetabuli ve labrum (13)

Asetabulumun inklinasyonu, erişkinlerde, horizontal düzleme göre ortalama 42 derece kaudale doğru, vücut sagittal aksıyla ortalama 15 derece anteriora doğrudur (14) (Şekil 3).



**Şekil 3.** Asetabulum normal açılanması (13)

Femur başı distalde femur boynu ile femur shaftına bağlanır. Buradaki anterior açılanmaya femoral anteversiyon açısı, superiora doğru olan açılanmaya ise femur boyun açısı denilir (Şekil 4a). Femur boyun açısı yaşla beraber azalarak erişkinlikte ortalama 126 dereceye, anteversiyon açısı ise yine yaşla beraber azalarak erişkinlikte ortalama 14 dereceye ulaşır (14, 15) (Şekil 4b).

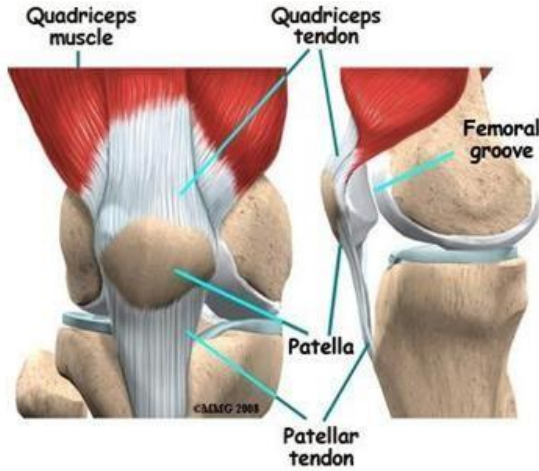


**Şeki 4. a.** Femur boyun (15).

**Şeki 4. b.** Femur antetorsiyon açısı (15).

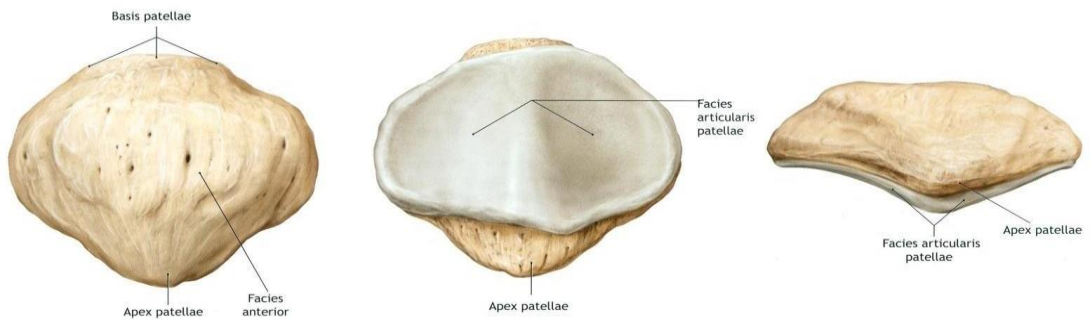
### 1.2.2. Diz Eklemi

Vücuttaki en büyük eklem diz eklemidir. Tibia, femur ve patella olmak üzere üç kemikten oluşmaktadır. Eklem tek bir boşluk içerisinde femur ve tibia arasında iki adet kondiler tip ve patella ile femur arasında sellar tip olmak üzere üç ayrı kısımdan oluşarak articulationes synoviales grubundan ginglimus (menteşe) tip eklem sınıfına dahildir (116) (Şekil 5).



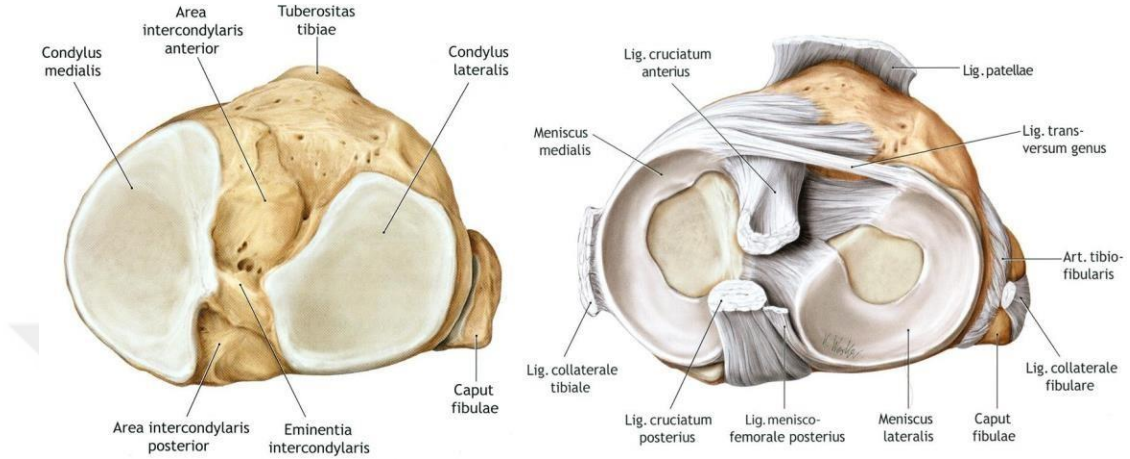
Şekil 5. Diz eklemi (15).

Patella, dizin ekstansör mekanizması içinde, kuadriseps tendonu ve patellar tendon arasında yer alan, vücudun en büyük sesamoid kemiğidir. Kuadriseps kasının kaldıraç kolunu uzatarak ekstansiyonu güçlendirir. Diz fleksiyundayken femoral kondilleri korur. Posterioru vücuttaki en kalın eklem kıkırdağı ile kaplıdır (12) (Şekil 6).



Şekil 6. Patella ve eklem yüzleri (12).

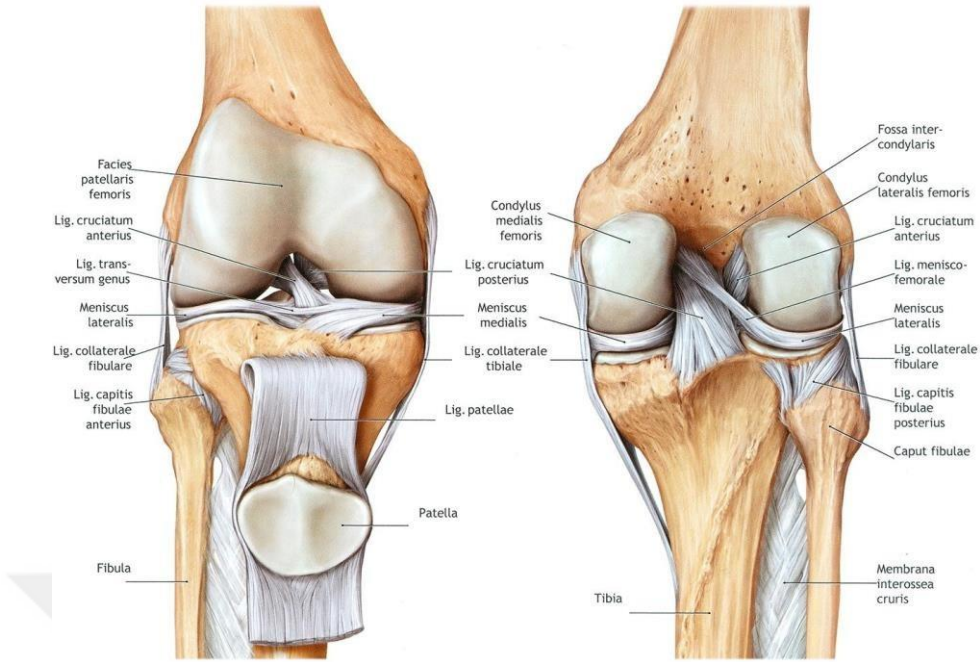
Tibia platosu, ortada eminentia intercondylaris, anterior ve posterior interkondiler alanlarla lateral ve medial olarak ikiye bölünür; condylus lateralis ve condylus medialis olarak adlandırılır (Şekil 7). Tibianın medial kondili ( platosu), laterale göre daha büyük ve düze yakın içbükeydir. Yükün büyük bölümünü taşır (12).



**Şekil 7.** Tibia proksimali eklem yüzleri, menisküs ve iç bağlar (12).

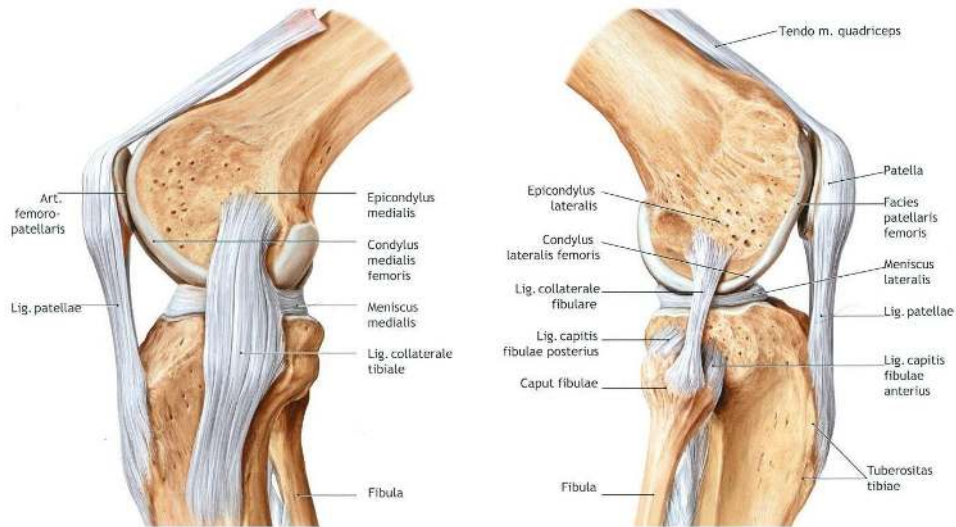
Diz içinde iki adet çapraz bağ bulunur. Bu bağlar eminentia interkondilarise yapışma yerlerine göre ön ve arka çapraz bağ olarak adlandırılırlar (Şekil 7, Şekil 8). Ön çapraz bağ (ligamentum cruciatum anterius), eminentia interkondilarisin anterolateralinden başlar ve lateral femoral kondilin iç tarafında posteriora doğru oblik bir şekilde seyrederek yapışır. Anteromedial, posterolateral ve intermedial olmak üzere üç farklı demetten oluşmuştur. Ön çapraz bağ, diz ekstansiyondayken tibianın femur üzerinde öne kaymasını engeller, varus valgus zorlamalarına direnç sağlar (12).

Arka çapraz bağ, eminentia interkondilarisin posteromedialinden başlar ve anterosuperiora doğru uzanır, ön çapraz bağı çaprazlayarak medial femoral kondilin iç tarafında posterolateraline yapışır. Anterolateral ve posteromedial olarak iki farklı demetten oluşur. Arka çapraz bağ, diz ekstansiyondayken tibianın arkaya kaymasını engeller, hiperekstansiyonu sınırlar, diz fleksiyonu sırasında femurun arkaya kayma etkisini oluşturur (12).



**Şekil 8.** Diz eklemi bağları anterior ve posteriordan görünüm (12).

Menisküsler, femur eklem yüzüne uyumsuz olan tibial eklem yüzeyini içbükey hale getirerek temas alanını artıran, fibrokartilajdan oluşmuş hilal şeklinde yapılardır (Şekil 7). Menisküsler dize binen yükün önemli bir kısmını karşılarlar. Özellikle lateral menisküs neredeyse tüm yükü karşılarken, medial menisküs medial eklem aralığındaki yükün yarısına yakınına karşılar (12).



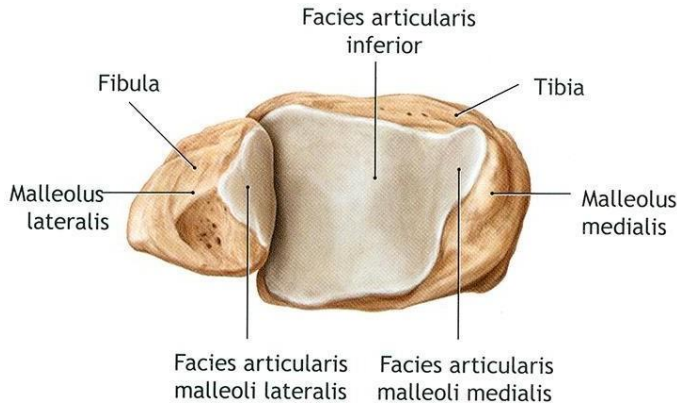
**Şekil 9.** Diz eklemi ve bağları. Lateral ve medialden görünüm (12).

İç yan bağ, dizin valgusa gitmesini engeller. Derin ve yüzeysel olarak iki kesimden oluşur, medial stabilite için en önemli kısmı, yüzeysel kısımdır. Bu kısmın anterior vertikal lifleri fleksiyonda gergindir. Buna karşın posterior oblik lifleri ekstansiyonda gergindir (12, 15) (Şekil 9).

Dış yan bağ, dizin varus zorlanmasına karşı gelmesini sağlayan en güçlü yapıdır. Ekstansiyonda gergin olan bağ, fleksiyonda bir miktar gevşeyerek hafif bir rotasyona izin verir. Her iki durumda da dizin varusa gitmesini engeller (12, 15) (Şekil 9).

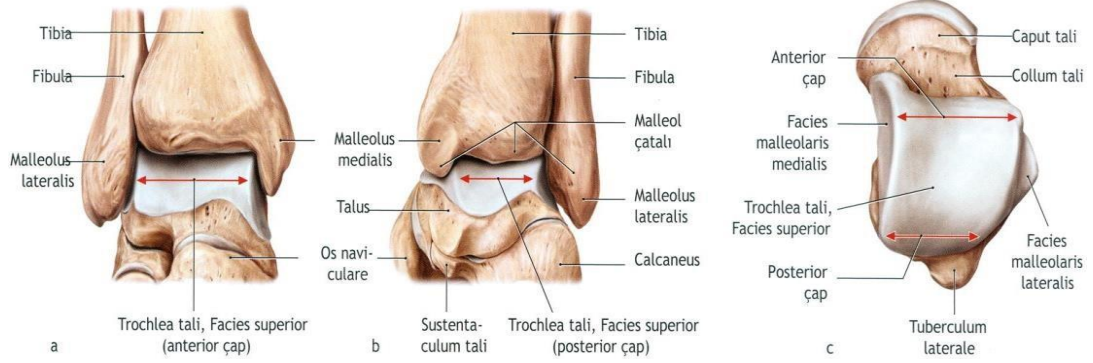
### 1.2.3. Ayak Bileği Eklemi

Ayak bileği içinde temel iki farklı eklem vardır. Bunlardan biri az miktarda kayma ve genişleme hareketine izin verebilen syndesmosis tipte bir eklem olan distal tibiofibular eklemidir. Ayak bileğinin esas eklemi ise talus, tibia ve fibula olmak üzere üç kemiğin oluşturduğu ginglymus tipi bir eklemidir. Plantar fleksiyon ve dorsal fleksiyon (ekstansiyon) hareketine izin verir. Ayrıca medial malleol talusun medial fasetiyle, fibulaya ait lateral malleol talusun lateral faseti ile eklem yapar (Şekil 10). Üzerine binen yükün yaklaşık %85'i tibiotalar eklem yüzünden geçerken, bir kısmı fibula üzerinden aktarılır ayrıca medial malleol varus stresi sırasında yük aktarımında rol oynar (12, 15).



Şekil 10. Tibia ve fibula distal eklem yüzü (15).

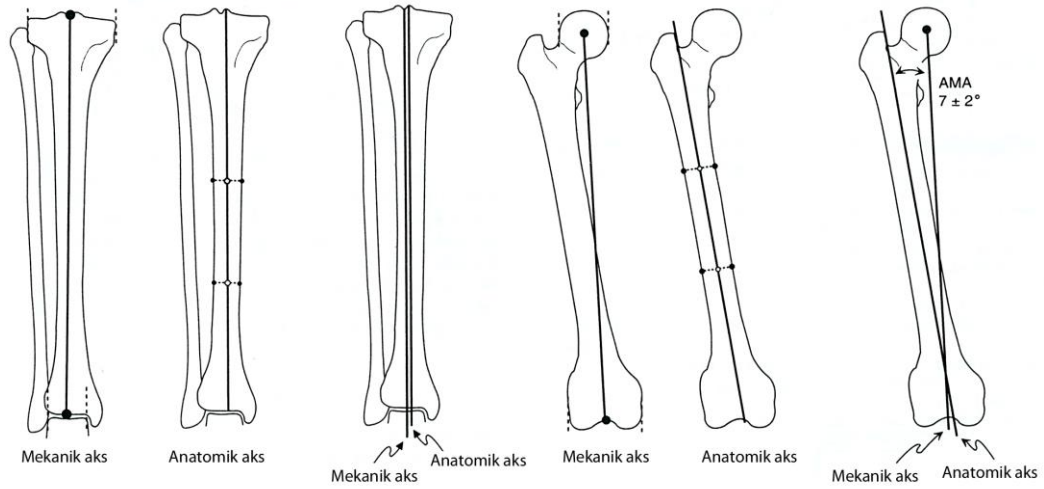
Talus; baş, boyun ve gövde olmak üzere 3 bölümden oluşur. Superior ve medial yüzde tibia, lateralde fibula, inferiorda kalkaneus ve anterior yüzde naviküler kemik ile eklem yapar (12) (Şekil 11).



**Şekil 11.** Tibiotalar eklemine anterior posterior ve superior görünüşü (15).

### 1.3. Normal Dizilim Ve Eklem Oryantasyonu

Her uzun kemik anatomik ve mekanik bir aksa sahiptir. Distal ve proksimal eklem yüzlerini birleştiren doğru mekanik akstır. Kemik şaftının ortasından geçen çizgi ise anatomik aksı gösterir. (Şekil 12). Anatomik aks kemiğin eğriliğine bağlı olarak kavisli olabilirken, mekanik aks her zaman bir doğrudur (16).

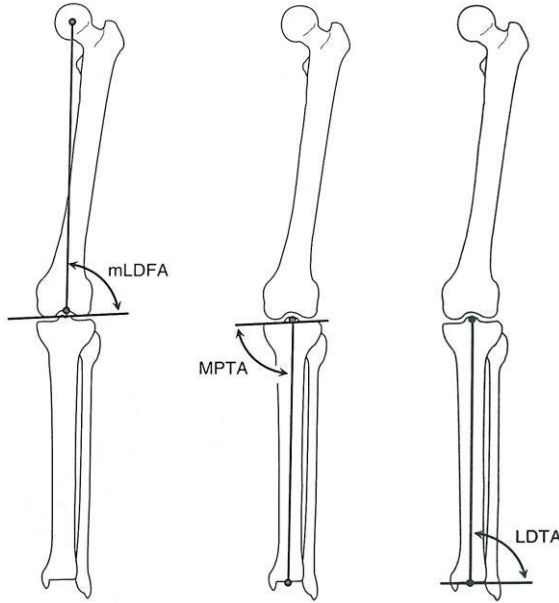


**Şekil 12.** Tibia ve femurun anatomik ve mekanik aksları (16).

Tibianın anatomik ve mekanik aksları normalde birbirine paraleldir. Bu yüzden mekanik ve anatomik aks arasındaki açı (AMA) 0 derecedir. Femurda ise mekanik ve anatomik akslar arasındaki açı  $7 \pm 2$  derecedir. (Şekil 12). Uzun

kemiklerin bu mekanik ve anatomik akslarıyla, eklem çizgileri arasında belirtilmiş açılar mevcuttur. Bu açılara farklı araştırmacılar tarafından farklı adlar verilmiştir. Bu yazıda Paley'in terminolojisi kullanılacaktır (16).

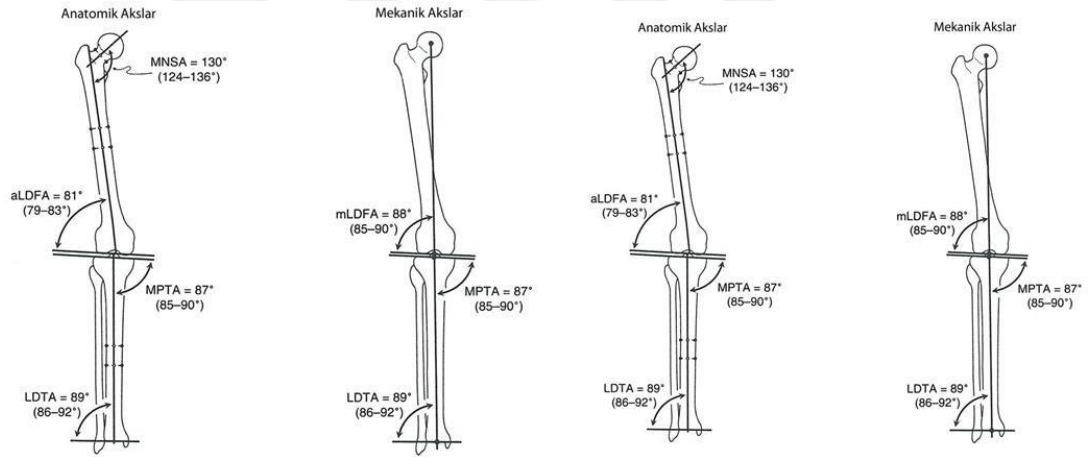
Frontal planda mekanik ve anatomik akslar ile eklem çizgileri arasında oluşan açıya "eklem oryantasyon açısı" denilir. Bu açının ismi, açığı oluşturan anatomik (a) veya mekanik (m) aksa göre adlandırılır. Bu açının tarafı medialden (M) veya lateralden (L) belirtilebilir. Oryantasyon açısı femurdan ölçülüyorsa F, tibiadan ölçülüyorsa T harfleriyle belirtilir. Ölçülen oryantasyon açısı proksimal ya da distal olarak ifade edilecekse sırasıyla P ve D harfleri ile tarif edilebilir. Bu yazım kurallarına göre, femurun mekanik aksı ile distal femoral eklem teğet çizgisi arasında kalan açının lateralden ölçümü mL DFA'yı belirtir. Benzer şekilde MPTA ise proksimal tibial eklem açısının medialden ölçümü; LD TA ise distal tibial eklem açısının lateralden ölçümüdür (8) (Şekil 13). Tibiada mekanik ve anatomik akslar birbirine paralel olduğu için en başta (a) ya da (m) yazarak bunu belirtmek önemsizdir (16).



**Şekil 13.** Femur ve tibiada eklem oryantasyon açılarını ölçümü (16).

Bir eklemin ekstremiteye göre oryantasyon açısının medialden veya lateralden ölçülmesi önemli değildir. Lateral (L) ve medial (M) açılar birbirinin bütünleyenidir (16).

Frontal düzlemde alt ekstremitayı belirtirken iki çeşit tanım ifade edilir; eklem oryantasyonu ve dizilim. Kalça, diz ve ayak bileği eklemlerinin aynı çizgi üzerinde olup olmadığına dizilim adı verilirken; oryantasyon ise bir eklem yüzünün kemiğin mekanik veya anatomik aksına göre konumunu ifade eder. Normalde alt ekstremita mekanik aksı, kalça ve ayak bileği orta noktaları arasındaki bir doğrudur. Bu doğru diz eklemi orta noktasının  $8 \pm 7$  mm medialinden geçer. Mekanik aks sapması (MAS); merkez noktadan olan bu sapmadır. MAS alt ekstremita dizilimi hakkında bilgi verir, ancak eklem oryantasyonları hakkında bilgi vermez. Uzun kemiklerin birbirlerine göre olan oryantasyonları bir diğer parametredir. Alt ekstremitede, femur ile tibia mekanik ve anatomik aksları arasındaki açılar ise bu ilişkiyi ifade eder. Bu yazıda bu açılar, mekanik tibiofemoral açı (mTFA) ve anatomik tibiofemoral açı (aTFA) olarak isimlendirilecektir. Bu ilişkiler çeşitli yazarlar tarafından incelenmiş ve normal değerler elde edilmeye çalışılmıştır (15) (Şekil 14, Tablo 1).

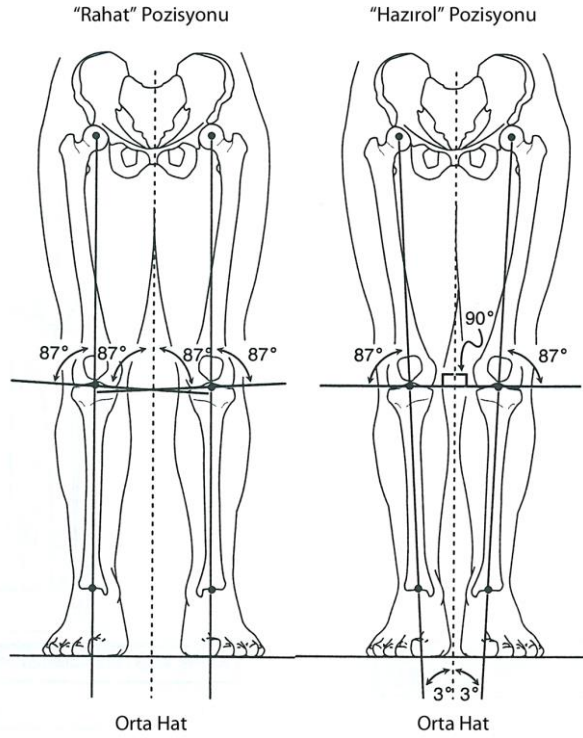


**Şekil 14.** Alt ekstremitede anatomik ve mekanik akslara göre açılar (16).

**Tablo 1.** Alt ekstremita dizilim ve eklem oryantasyon açılarının normal değerleri

|       | Bhave                | Paley                 | Chao                 |
|-------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| mTFA  | $1.3 \pm 1.3^\circ$  | -                     | $1.2 \pm 2.2^\circ$  |
| MNSA  | $122 \pm 2.6^\circ$  | $129.7 \pm 6.2^\circ$ | -                    |
| mLDFA | $88.1 \pm 1.5^\circ$ | $87.8 \pm 1.6^\circ$  | $88.1 \pm 3.2^\circ$ |
| MPFA  | $88.3 \pm 2^\circ$   | $87.2 \pm 1.5^\circ$  | $87.5 \pm 2.6^\circ$ |
| LDT   |                      | $88.7 \pm 2.7^\circ$  | $88.6 \pm 3.8^\circ$ |

Normal duruştan bahsedilecek ise iki tip temel normal duruş biçimini ayrı ayrı ifade etmek gerekir. “Hazır ol” tipi duruşta, ayak medial yüzleri temas eder. Bu tip duruşta alt ekstremité mekanik aksı orta hat ile yaklaşık 3 derecelik bir açı yapar. Diz eklem çizgisi zemine paraleldir. Normal yürümede, alt ekstremité aksları “hazır ol” tarzı duruş şeklindedir. “Rahat” tipi duruşta ise mekanik aks zemine dik açı yapar. Bu sefer de, diz eklem çizgisi zemin ile yaklaşık 3 derecelik bir açı yapar (16) (Şekil 15).



Şekil 15. Alt ekstremité duruş şekilleri ve açısal ilişkileri (16).

### 1.3.1. Alt Ekstremité Dizilim Bozuklukları

Dizilim bozukluğu (malalignment), kalça, diz ve ayak bileğinin aynı plan üzerinde olmadığı durumları ifade eder. Dizilim bozukluğunu anlamak ve planlamak için uzun kemiklerin normal anatomik akslarını (eksenlerini), planlarını ve eklem oryantasyonlarını öğrenmek gerekmektedir. Alt ekstremitenin mekanik ve anatomik eksen ve bu eksenlere göre belirlenen eklem oryantasyon çizgileri deformite analizinde ve planlamasında temel yapıları meydana getirir. Bu oryantasyon çizgileri ve eksenler kompleks üç boyutlu kemikleri basit geometrik şekillere çevirerek anlaşılır ve hesaplanır duruma getirmektedir. Deformite analizinde ekstremitenin üç

ana anatomik planından bahsedilmektedir. 1. Sagittal plan 2. Frontal plan 3. Transvers plan. Frontal plandaki alt ekstremitte dizilim bozuklukları, sagittal plandaki dizilim bozukluklarına göre daha önemlidir çünkü ayak bileği ve diz ekleminde sagittal düzlemde geniş bir hareket aralığı söz konusudur. Diz ya da ayak bileği eklemi ilgilendiren oryantasyon bozuklukları veya alt ekstremitte uzun kemiklerinin sagittal plandaki dizilim bozuklukları, bu geniş hareket alanı nedeniyle vücut tarafından daha iyi tolere edilebilir (17).

### **1.3.2. Frontal Plan Dizilim Bozuklukları**

Frontal planda valgus ve varus olmak üzere iki tip dizilim bozukluğundan bahsedilir. Mekanik aks sapması (MAS) frontal düzlemde normal sınırlarda değilse dizilim bozukluğu vardır denilebilir. Normalde, tibia ve femur kondilleri teğetleri birbirine paralel ya da 3 dereceye kadar açılanma yapabilir. Eklem bağlarının laksitesi veya eklem kıkırdağının tek kompartmanda hasarlanması durumlarında bu açılanma 3 dereceyi aşar. Medial ve lateral tibial ve femoral kondillerinden ayrı ayrı çizilen çizgiler diz eklem çizgisidir. Bu çizgiler normalde birbirlerine paraleldirler. Eğer eklemi oluşturan tibial ya da femoral kondillerde bir deformite mevcutsa, bu iki çizgi paralellliğini kaybeder. mLDFA (dolayısıyla mMDFA) ve MPTA normal değerler dışında ise frontal planda dizilim bozukluğu vardır denilebilir. Sonuçta MAS mediale doğru artarsa, deformite varus deformitesi, laterale doğru artarsa, valgus deformitesi olarak isimlendirilir (18).

#### **1.3.2.1. Genu Varum**

Genu varum dizin açısal şekil bozukluklarından biridir ve dizin "dışarı doğru eğilmesi" olarak isimlendirilir (Şekil 16). Bu durum, femoral kondillerde bacaklar arasındaki mesafeyi arttırmaya ek olarak, tibiofemoral açığı değiştirir. Bu mesafeye, interkondiler mesafe denilir. Kas iskelet sisteminde hizalanmanın en yaygın anatomik varyasyonlarından biridir ve ortopedik cerrahlara sevk için sık görülen nedenlerdendir (19).

Yenidoğan ve bebeklerde fizyolojik olarak görülen alt ekstremitelerdeki varus eğriliği, çocuğun yürümeye başlamasıyla 6 ay içinde düzelir. Bununla birlikte 2 yaşından sonra görülen aşırı varus açılanması, anormal olarak izlenir ve gelişimsel

(fizyolojik) eğrilik olarak sınıflandırılır. Bu durum genelde erken yaşta yürüyen veya kilolu çocuklarda görülür. Patolojik genu varum ise; Blount hastalığı, sistemik hastalıklar, kemik displazisi, tek taraflı travmadan asimetric büyüme, enfeksiyon veya neoplazi gibi durumlarda görülebilir. Fizyolojik tip yaşla birlikte iyileşebilmesine rağmen, patolojik genu varum iskelet büyümesiyle birlikte artma eğilimindedir (19, 20).

Genu varum varlığı dizdeki kuvvetleri değiştirir, böylece kuvvet çizgisi medial bölüm yükünü arttırarak, diz eklemi orta noktasından medial olarak uzaklaşır ve lateral bölümünün nerdeyse üç buçuk katı olan bir medial eklem reaksiyon kuvveti oluşturur. Genu varum, tibiofemoral eklemin kıkırdağına zarar verir. Bu zarar dizin artrozuna yol açabilir. Genu varum varlığı tibiofemoral artrozun gelişmesine ek olarak, patellofemoral eklemden hasar gelişmesine neden olmaktadır. Çeşitli çalışmalar; çocuklarda genu varum varlığını, patellofemoral ağrı sendromu gelişimi için bir risk faktörü olarak belirtmiştir (21, 22).



**Şekil 16.** Genu Varum

Fizyolojik genu varumda ailelerin eğitimi ve ailelerin hekime verdiği güven önemlidir ve yalnızca 6 ay içinde çocuğu yeniden değerlendirerek deformitenin doğal seyri takip edilmelidir. Ortopedik ayakkabılar ya da ortezer fizyolojik genu varum deformitenin önlenmesinde önerilmezler (23).

D vitamini eksikliği ve diyetle düşük kalsiyum alımının rikets prevelansının artışı üzerine sinerjistik etkisi olduğu düşünülmektedir. Rikets gibi metabolik hastalıklar tıbbi tedavi, yani kalsiyum ve D vitamini takviyeleri ile kolayca düzeltilebilir (24).

Şiddetli genu varum ciddi medial tibial torsiyonla ilişkiliyse ve metafizeal-diyafiz açısı 11 derece veya daha büyükse, ayakkabılar yanal olarak döndürülmüş ve ayakkabılar arasında 8 ila 10 inçlik mesafe bulunan bir denis brown ortezi önerilebilir. Bu ortez aşırı medial tibial torsiyonu düzeltmek için 3 ya da 6 aydan uzun olmayacak şekilde çocuğa yalnızca gece kullanılır (25).

Alt ekstremitenin mekanik ekseninde belirgin bir deformiteye neden olan ciddi genu varumu olan adölesanlarda, proximal tibia ostemtomisi proksimal tibial fizis deformitesini düzeltmek için uygulanabilecek tedavi yöntemidir. Daha küçük yaşlarda uygulanmakla beraber tibial ya da femoral hemiepifizyodez için tam yaş aralığını belirtmek zordur ancak cerrahlar tarafından sıklıkla tercih edilmektedir (26).

#### **1.3.2.2. Genu Valgum**

Genu valgum "çarpık bacak" olarak adlandırılan, ayak bileklerinin birbirinden normalden daha uzağa yerleştiği alt ekstremitte hizalanmasıdır. Dizler birbirine çok yakınken, ayak bilekleri birbirinden uzaklaşır (Şekil 17). Genu valgum veya çarpık bacak, çocuklarda ve ergenlerde alt eklemleri etkileyen sık izlenen durumlardan birisidir (27).

Genu varum'da olduğu gibi fizyolojik genu valgum en yaygın olanıdır. Genu valgum çocuklarda sık karşılaşılan bir durumdur ve tedavi gerektirmezler. Patolojik genu valgum daha az sıklıkta izlenir, ilerlemesi de daha az olasıdır ve genellikle tedaviye ihtiyaç duyar (27).

Tibiofemoral açının gelişiminin bilinmesi genu valgumun iki formu arasında ayırım yapmak için gereklidir. Tibiofemoral açısı 15 dereceden büyük veya intermalleolar mesafe 10 cm'den fazla olan 10 yaşından büyük çocuklarda düzelme olasılığı çok azdır ve genellikle cerrahi tedaviye ihtiyaç duyarlar (27).



**Şekil 17. Genu Valgum**

Özel ayakkabılar, genu valgumunun önlenmesinde veya tedavisinde etkili değildir. Hastalar ayak gerginliğinden şikayetçi ise, ayak ortezleri ayağı desteklemek için uygundur. Ortezler genu valgumunu düzeltmezler, ancak ayak gerginliğini, çabuk yorulmayı ve ayak baldırı ağrısını hafifletirler. İliotibial bant kasıldığından, gevşemesi için pasif germe egzersizleri yapılmalıdır böylece valgusun diz deforme edici kuvveti bir miktar azaltılabilir (28).

Ortezin genu valgumu kontrol etme veya düzeltmedeki rolü kanıtlanmamıştır ve tartışmalıdır. Bazı yazarlar ortez önermez. Ayak, ayakbileği ve diz eklemine uzanan bir ortez için endikasyon diz bağlarını desteklemektir ve aşırı gerilmelerini önlemektir. Patolojik genu valgumunda kullanılabilir (28).

Ciddi genu valgumlu ve belirgin mekanik aks sapması olan adölesanlarda cerrahi düzeltme belirtilir. İki cerrahi tedavi yöntemi mevcuttur:

1. Hemiepifizyodez, distal femoral veya proksimal tibial büyüme plakalarının medial kısmına staple uygulanması ya da epifizyodez plakları kullanılarak yapılır. Uygun zaman çok önemlidir. En azından bir yıl daha büyüme kapasitesinin olduğu düşünülen hastalarda tercih edilebilen bu yöntem ile, daha büyük ölçekli, osteotomi gerektirecek ve birçok ciddi komplikasyona açık girişimler engellenebilmekte veya geciktirilebilmektedir. Tüm önlemlere rağmen, aşırı düzeltme veya yetersiz düzeltme ile sonuçlanabilir (5, 29).

2. İskeletsel olarak matür hastaya distal femur ve proksimal tibia osteotomisi uygulanabilir. Nörovasküler yapılar, özellikle peroneal sinir ve tibial damarlar, yaralanma riski altındadır. Ancak Ekternal fiksatorler ile kademeli düzeltme nörovasküler hasar riski azaltılabilir (30-32).

#### **1.4. Görüntüleme Ve Ölçümler**

Alt ekstremitte dizilim bozukluklarını incelemek için tercih edilen görüntüleme yöntemi, frontal plan deformiteleri için ayakta her iki ayak basarken kalça, diz ve ayak bileği eklemleri içerecek şekilde uzun AP ortoröntgenogramdır. İdeal bir alt ekstremitte ortoröntgenogramı X ışını tek seferde, yaklaşık 3 metre ileriden, dizlere odaklanmış şekilde verilerek elde edilebilir. Böylelikle, grafide büyütme etkisi (magnifikasyon) %5'in altında kalacaktır. Grafi, ayağın pozisyonundan bağımsız olarak, her iki patella karşıya bakarken çekilmelidir.

##### **1.4.1. Standart Grafilerde Ölçümler**

Normal diz grafileri küçük kasete çekilirken, eklem oryantasyonu ile ilgili bir miktar fikir verebilirken ekstremitte dizilimini bu grafilere değerlendirmek güçtür. Mekanik aks tespiti için uzun kemiklerin distal ve proximal eklem yüzlerinin orta noktalarını belirlemek önemlidir. Küçük kasete çekilen normal diz grafilinde bu belirlenemez. Görüntüye girdiği kadarıyla tibial ve femoral shaftın merkez noktaları belirlenerek anatomik aks ölçümü yapılabilir. Bu tip bir ölçümün, altın standart olan uzun grafilere yapılan mTFA ile bağıntısı olmakta beraber çok da iyi değildir (33).

##### **1.4.2. Ortoröntgenogramda Ölçümler**

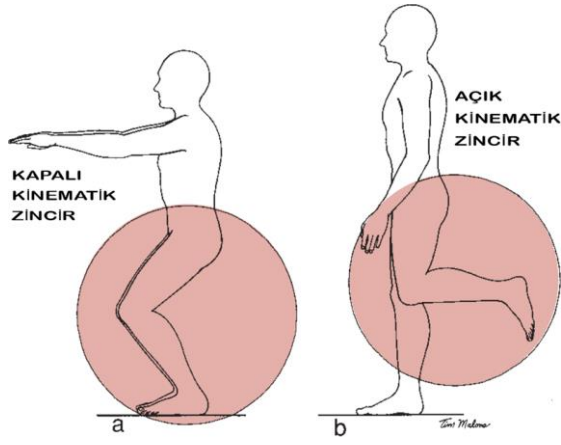
Paley'in alt ekstremitte ortoröntgenogramı değerlendirmede tarif ettiği yol gayet güzeldir. Uzun bir cetvel ya da uzunluk ölçülmeyecek ise düz çizgi çizmeye yardımcı olabilecek herhangi bir cisim, açı ölçmek için ise şeffaf gonyometre gereklidir. İlk olarak eklemlerin merkez noktaları belirlenir. Kalça merkezinden, ayak bileği merkezine bir çizgi çizilir. Bu çizginin diz eklemiyle kesiştiği nokta tesbit edilir. Bu noktanın diz eklemi orta noktasına olan uzaklığı mekanik aks sapmasını (MAS) belirtir. Normalde  $8\pm 7\text{mm}$ 'dir. Daha sonra, distal femoral eklem oryantasyon çizgisi belirtilir. Kalça merkezinden, diz merkezine çizilen çizgi ile arasındaki açı ölçülür. Açı lateralden ölçülürse bu bize mLDFa'yı verir. Normal aralığı 85-90

derecedir. Bir sonraki aşama, tibia proksimal eklem merkezi ile ayak bileği merkezi arasında çizilen çizgi ile proksimal tibial eklem oryantasyon çizgisi arasındaki açığı belirtmektir. MPTA'nın normal aralığı 85-90 derecedir. Proksimal tibial ve distal femoral eklem oryantasyon çizgileri arasında normalde 0-2 derece açı bulunur. Bu sınırlar dışındaki ölçümler bağ laksitesi ya da kıkırdak hasarına bağlı sorunları ortaya çıkarır. Stres grafileri bunların ayırt edilmesi için önemlidir. Femur distal eklem merkez noktası ile tibia proximal eklem merkez noktası arasında dikey planda 3 mm'den fazla açıklık varsa eklem çıkığından söz edilir. Tüm bu deformiteler MAS'ı büyük ölçüde etkilerler. Ortoröntgenogramda LDTA ve MNSA da ölçülebilir. Fakat mekanik aks çizgisinin iki ucunda bulunan bu eklemlerdeki oryantasyon bozuklukları MAS'a diz çevresi deformiteleri kadar katkıda bulunmaz (16).

### **1.5. Alt Ekstremitte Biyomekaniği**

Ayağın tekrarlayan zeminle teması sonucu alt ekstremiteler farklı yüklere maruz kalırlar. Yer tepki kuvveti ayaktan kalçaya kadar tüm alt ekstremitteyi oluşturan elemanları etkileyerek gövdeye kadar uzanır. Alt ekstremitteyi meydana getiren yapılar birbirleriyle kinematik bir zincir oluşturur ve gövde ile pelvik alanda birleşirler. Bu yüzden ayakta durma, yürüme gibi durumlar incelerken bu kinematik zincirin davranışı ve diğer gövde elemanlarıyla ilişkisi değerlendirilmelidir çünkü zemine basan bir ayağın hareketi, diz, kalçayı, pelvisi ve bu sayede tüm gövdeyi etkilemektedir (34).

Alt ekstremitteyi meydana getiren yapılardan herhangi birinde bozulma, bu yapıların birbirleriyle bağlantısı olması nedeniyle bozulmanın tek bir bölgeye ait olmayacağı anlamına gelir. Alt ekstremitte izlenen dizilim bozukluluğunun mekanik aksı değiştirmesi, tibianın ve femurun zemine göre oryantasyonunu değiştirir. Ayak bileği, diz ve kalça eklemleri ve eklem ile ilişkili kas ve bağlar ile birlikte bütün elemanlar bu bozukluktan payını alacaktır. Örnek olarak; diz ekleminin varus dizilimine gelmesiyle mekanik aks medialden geçer, kalça indirek olarak varusa kayar. Bunun tam tersi önerme de doğrudur. Kalçaya yapılan varus osteotomileri sonrasında da mekanik aks mediale doğru kayar ve bu kaymanın dizde oluşturduğu adduksiyon yükü dolayısıyla diz varusa doğru kayar (35, 36).



**Şekil 18.** Kapalı kinematik zincir ve açık kinematik zincirin görünümü (37).

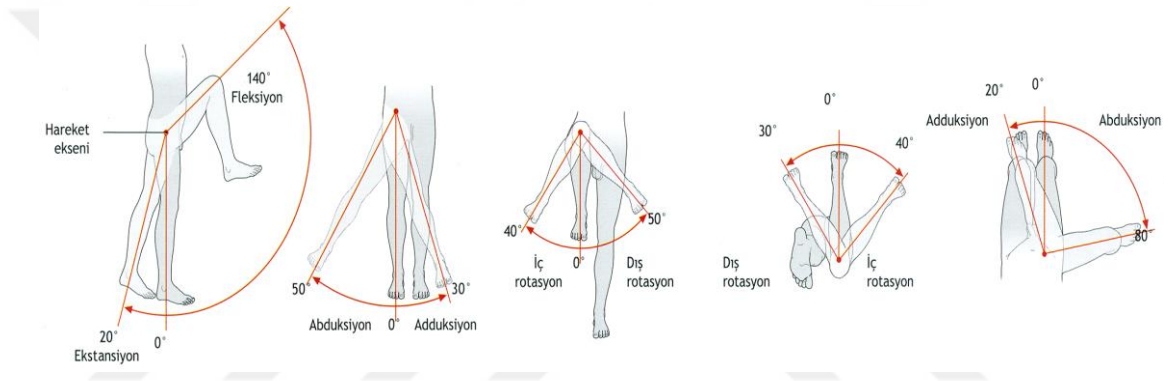
Kinematik, basitçe, hareketi neden ve sonuçlarını ele almadan inceleyen bilim dalına verilen isimdir. Eklem ve uzuvların hareketleri bu disiplin içinde araştırılabilir. Kinematik zincir, bir dizi katı cismin birbirlerine tek yerden bağlı, her bir cismin uzay içindeki hareketinin, diğer cisimlerin hareketini etkilediği bir sistemi anlatır. Kinematik zincirler açık veya kapalı olarak ikiye ayrılır. Kapalı kinematik zincirde; zincir sonlarındaki cisim sabittir. Zincir sonundaki cisim, sınırsız hareket edebiliyorsa bu bir açık kinematik zincirdir. Bunlar kinematiğin mühendislik tanımlarıdır. İnsan hareketlerini ifade ederken bu tanımlardan faydalanılır (36, 37).

Anatomik pozisyonlarında insan çoğu zaman kapalı kinematik zincirler oluşturur. Örneğin, ayakta duran bir insan, çömelme istediği zaman ayaklar yerle temasta ve rahat hareket edemez bir pozisyonudadır. Bu durumda çömelme hareketini gerçekleştirilmesi için dizlerini kırması, dizler kırıldığı zaman yukardaki eklem olan kalça eklemine fleksiyona getirmesi, dengesini sağlamak için lomber lordozunu azaltması gerekmektedir (Şekil 18). İnsan vücudu aynı zamanda açık kinematik zincir hareketleri de oluşturur. Ayakta duran bir insanın dizini fleksiyona getirmesi buna örnektir (Şekil 18). Özellikle alt ekstremitayı ilgilendiren birçok fonksiyonel aktivite, kapalı kinematik zincir hareketidir. Kinematik zincir mantığını öğrenmek, ortopedide problemleri belirlemek için önemlidir. Zincirin birinde oluşacak problem tüm sistemi etkilemektedir. Diğer eklemler bu durumu tolere edecek hareketler yapmak zorunda kalabileceği gibi, ek patolojiler de oluşabilir. Örnek olarak, diz hareketi sınırlanmış bir hastanın yürüme sırasında ayağını yerden kaldıracabilmesi için kalça ekleminden salınım yapması ya da ayağı fazlaca dorsifleksiyona zorlaması

gerekebilir. Benzer olarak kalça ekstansiyonu sınırlı bir hastanın ayakta dik durabilmesi için lomber lordozunu artırması, yürüyüşüne esnasında paravertebral kaslarını daha çok kullanması lazımdır. Üst ekstremit eklemleri çoğunlukla her yöne bağımsız hareket edebildiği için açık kinematik zincir oluşturur ve bu tip problemler daha az sıklıkta izlenir (34).

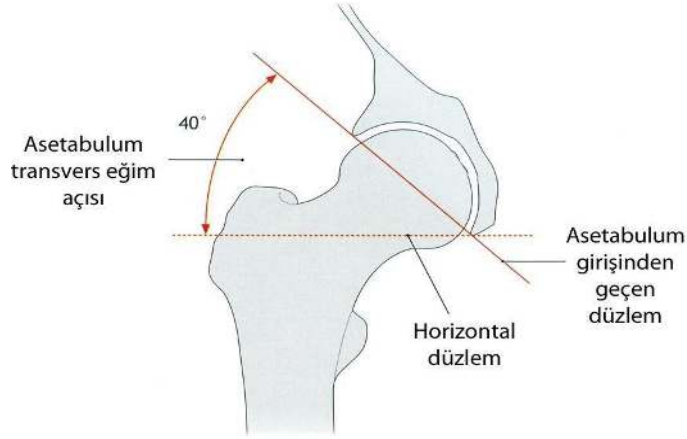
### 1.5.1. Kalça Biyomekaniği

Kalça eklemi; yaklaşık 20 derece ekstansiyon, 120 derece fleksiyon, 40 derece abduksiyon, 30 derece adduksiyon, 35 derece iç rotasyon, 45 derece dış rotasyon hareketine müsaade eden küresel yapıda bir eklemdir (38) (Şekil 19).



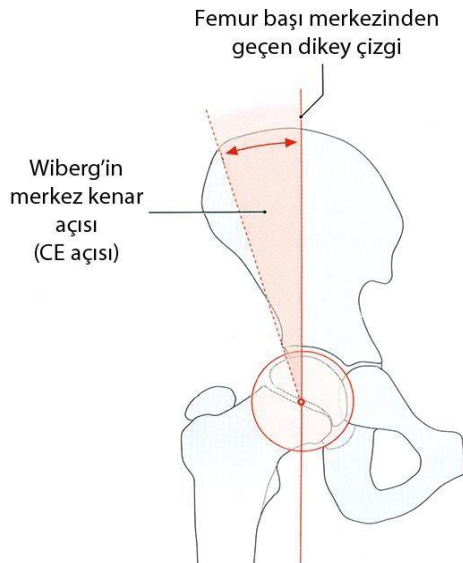
**Şekil 19.** Kalça hareket açıklığı (38).

Kalça eklemi dairesel bir yapı oluştursa da gerçekte yalnızca üst kısmı tam olarak dairesel yapıdadır. Ayakta duran insanda asıl yük taşıyan kısmını da femur başının superior bölgesidir. Asetabulum femur başını ayakta dururken bütünüyle örtmez. Normal bireylerde, asetabuler inklinasyon açısı 45 derece iken femur başının ortalama %73'ü asetabulum tarafından örtülür. Displazik kalçalarda asetabuler inklinasyon (Şekil 20) derecesi düşer. Asetabuler inklinasyon 52 derece olduğunda femur başı örtümü %73'ten %52'ye kadar azalacaktır (39-41).



**Şekil 20.** Asetabuler inklinasyon açısı (38).

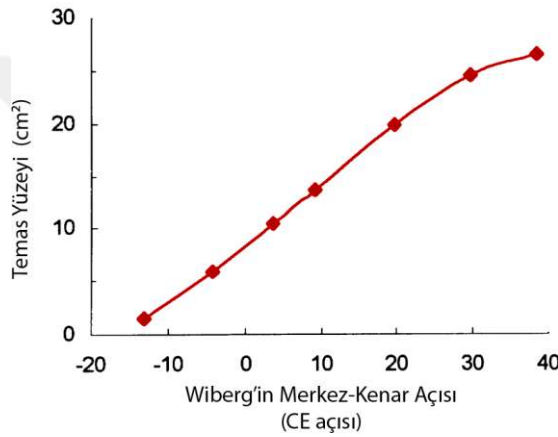
Asetabulum ve femur arasındaki temas yüzeyi bacağın fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyonu ile artırılabilir. Bu pozisyona aynı zamanda “kurbağa pozisyonu” (frog-leg) da denilir. Kalçanın gerçek fizyolojik duruşu da kapandji’ye göre bu şekildedir (38). Asetabulumun femur başını örtümünü belirlemek için kullanılan bir diğer ölçüm de, femur başı santrali ile asetabulumun kemik tavanının laterali arasında çizilen çizgi ile arasındaki açı değeridir. Merkez-kenar açısı, ingilizce “center-edge” CE açısı, ya da Wiberg açısı olarak adlandırılır (Şekil 21). Wiberg açısı yaşla beraber artarak erişkinlikte gerçek değerine erişir (42).



**Şekil 21.** Wiberg’in merkez kenar açısı (38).

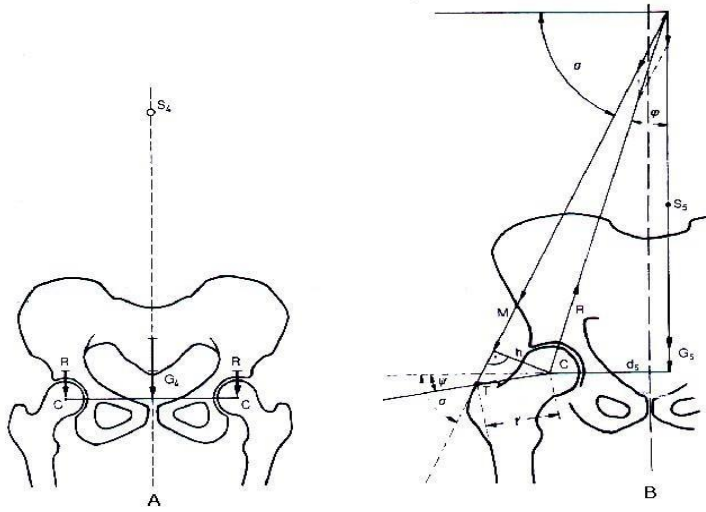
Bilgisayarlı tomografi (BT) ile yapılan değerlendirmelerde normal CE açısı değeri, erişkin bayanlarda yaklaşık 35 derece, erkeklerde yaklaşık 38 derece olarak izlenmiştir. Direk grafilelerden yapılan ölçümlerde de erişkin yaşlarda, kadın erkek ayırt etmeksizin yakın sonuçlar çıkmıştır (42, 43).

Wiberg açısı femur asetabulum ilişkisi içinde, yüzey temas alanını değerlendirmek için kullanılabilir. Genda ve arkadaşları, radyografi ve bilgisayar modelleri kullanarak CE açısının artmasıyla yüzey temas alanının önemli derecede arttığını belirtmişlerdir (44) (şekil 22).



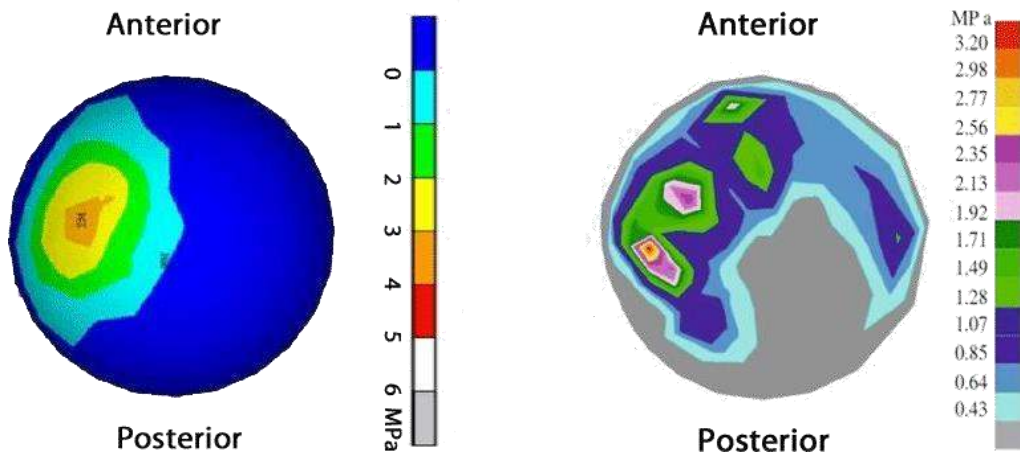
**şekil 22.** Merkez-kenar açısı ile temas yüzeyi arasındaki ilişki (44).

Kalça eklemi, vücudun üst yarısının ağırlığını taşır. Ancak içerdii biyomekanik özellikler sebebiyle maruz kaldığı yükler vücut ağırlığından çok daha fazlasıdır. Femur başında yürüme esnasında 5,5 MPa, sandalyeden ayağa kalkma esnasında 18MPa'a kadar basınç gerçekleşmektedir. 5,5 MPa atmosfer basıncının yaklaşık 50 katıdır (45).



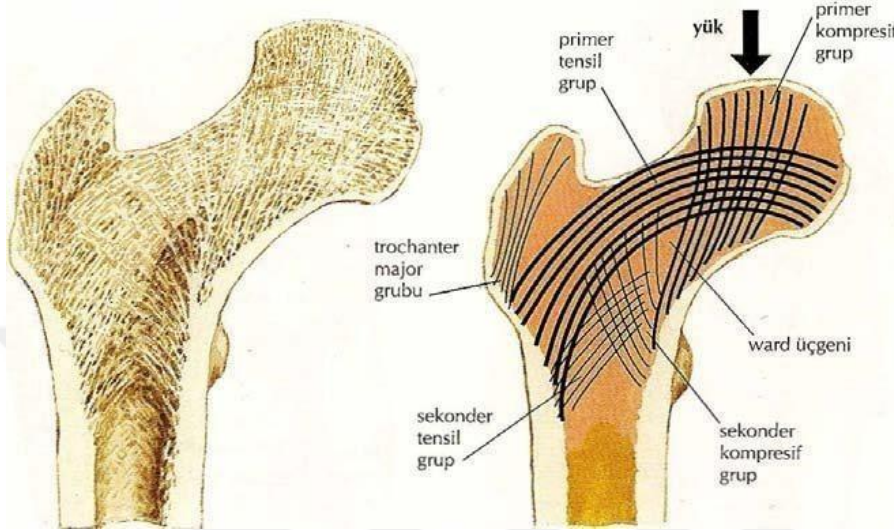
**Şekil 23.** Kalça ekleminin kaldıraç özelliği (46)

Tek ayak üzerinde dururken basan ayak tarafında kalça abduktör kasları ve çevre bağlar tarafından vücut ağırlık merkezinin yarattığı momenti dengelemek için zıt yönde bir kuvvet oluşturur. Kuvvet kolunun kısa olması sebebiyle gerekli kuvvet vücut üst yarısı ağırlığının 3 katı kadar olabilmektedir. Bu nedenle destek noktası olan kalça eklemi bu pozisyonda vücut üst yarısı ağırlığının 4 katına kadar bir kuvvete maruz kalmaktadır (Şekil 23). Ayakta dikilme ve yürüme pozisyonunda femur başının superolaterali daha fazla yüke maruz kalır. Farklı araştırmalarda, belirli hareketler esnasında femur başındaki yük dağılımı alanları ortaya konulmuştur (47, 48) (Şekil 24).



**Şekil 24.** Ayakta durma pozisyonunda femur başı yük dağılımı alanları (47).

Femur üst ucu ağırlığın zemine basmasını sağlayan farklı trabekül sistemleri içermektedir. İlk defa femur başının trabekül yapısı 1838 tarihinde Ward tarafından tariflenmiştir. Kemığın dayanıklılığını belirleyen; femura ait bir grup trabekül yapı belirlenmiştir (49, 50) (Şekil 25).



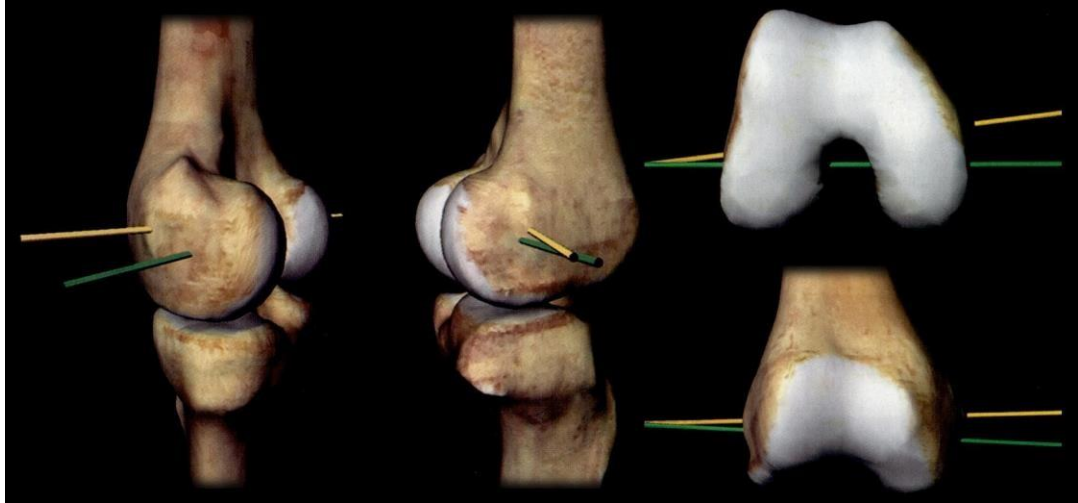
**Şekil 25.** Ward üçgeninin kesitsel ve temsili görüntüsü (50)

Femur boynu ve baş bölgesi spongioz kemiğindeki trabeküler yapının sıralanması en az materyalle en fazla kuvvete direnecek biçimdedir. Medial femoral korteks üzerine binen kompresif yükü aktaran, primer ve sekonder kompresif sistemler ve lateral korteksten kuvvet alarak üzerine gelen gerilme kuvvetlerine direnen primer ve sekonder tensil sistemler bunlardan ilk akla gelenlerdir (Şekil 25). Bu iki sistem trabekülleri matematik ve mekanik kurallara uyumlu olarak 90 derecelik bir açıyla kesişerek baskı ve gerilme yüklerine karşı direnirler. Kompresif ve tensil ve sistemlerin herbirine binen farklı kuvvetler nedeniyle, femur başına asetabulumdan iletilen yükün 10 katı kadarı femur boynu içinde yaşanmaktadır. Alt ekstremité kinematiği içinde diğer yapılardan kalça eklemine etkilemesi de olasıdır. Yapılan çalışmalarda gösterilmiştir ki, kalça abduktör mekanizma gücü yetersiz olan bireylerde yürüme esnasında pelvis salınan ayağın bulunduğu tarafa doğru düşmekte, bu da vücut ağırlık merkezini temas eden ayaktan uzaklaştırarak sonuçta temas eden ayak tarafında dizde fazladan bir varus kuvvetine neden olmaktadır (51).

### 1.5.2. Diz Biyomekaniği

Diz eklemi her ne kadar temel olarak sadece fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinin yapıldığı menteşe tipi bir eklem olarak bilinse de belirli şartlarda lateral ve medial rotasyon hareketlerini de yapabilme özelliğine sahiptir. Tam ekstansiyondayken diz ekleminde bulunan bağlar gergindir ve herhangi bir rotasyon hareketine izin vermez. 20 derecelik fleksiyondayken sonra bağlar gevşer ve biraz rotasyon hareketlerine izin verebilir. 90 derecelik fleksiyonda ise bağlar mümkün olduğunca en gevşek durumdadır ve yaklaşık 40 derecelik bir rotasyon hareketine izin verebilir (52).

Fleksiyon ekstansiyon hareketi yaparken diz her iki kondilin posteriorundan geçen tek bir silindirik aks üzerinde meydana gelir. İnterkondiler aks ile hareket aksı aynı düzlem üzerinde bulunmazlar ve birbirleriyle açılanma oluştururlar (Şekil 26). Belli bir fleksiyon aralığından sonra ön ve arka çapraz bağların da etkisiyle, femoral ondiller, tibial plato üzerinde kayma hareketi de oluştururlar (53).



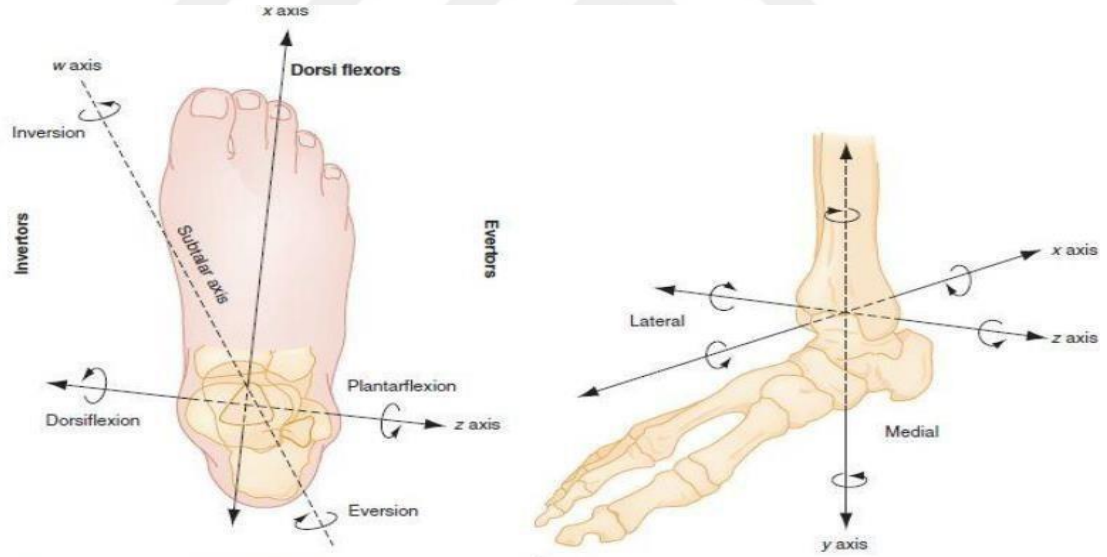
Şekil 26. Femur interkondiler aksı (sarı) ve hareket aksı (yeşil) (53).

Femur uzunluğundan, kalçanın genişliğinden ve duruş pozisyonundan, diz eklem çizgisinin diğer referans noktalarla olan ilişkisi etkilense de, tek ayak üzerinde dururken bu ilişkiler hemen hemen herkes için benzerdir. Tek ayak üzerinde dururken, ayak bileği eklemi merkezi yer çekimi merkezi haline gelir ve bu merkez ile mekanik aks arasında  $3\pm1.5$  derecelik açı mevcuttur. Distal femoral eklem yüzü ile femur mekanik aksına çizilen bir dik arasında 7 ila 11 derece arasında değişmekle

birlikte ortalama 9 derece valgustan söz edilir. Mekanik aks diz ekleminin tam olarak orta noktasından geçmez. Femoral ve tibial kondiller ise simetrik yapıda bulunmazlar. Diz medial kompartmanı diz ekleminin yapısal özelliklerden dolayı, dize binen yüklerin neredenyse %70'ini üstlenir. Üstelik üzerine basma ile artan adduksiyon momenti bu yükün bilinenden daha fazla olmasına neden olur (54). Femur boynu trabeküler sisteminin maruz kaldığı kuvvetlere göre şekillenmesi gibi, bu artan kuvvetlerden dolayı, tibia proksimal spongiozası da kendi içinde çeşitlilik içerir. Tibia medial kondilinde kemiğin daha yoğun ve kuvvetli olduğu birçok araştırmada gösterilmiştir (55, 56).

### 1.5.3. Ayak Bileği Biyomekaniği

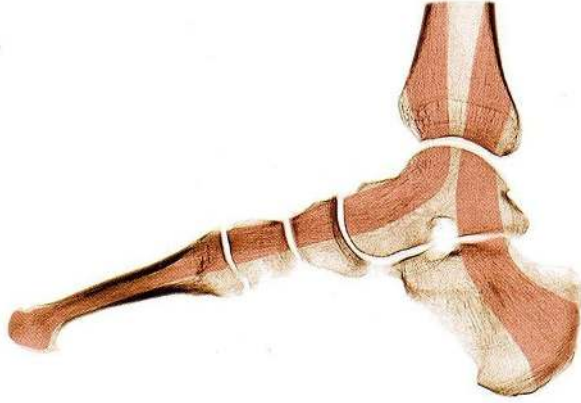
Ayak bileği eklemi sagittal düzlemde; plantar fleksiyon ve dorsifleksiyona, koronal düzlemde ise; inversiyon (supinasyon) ve eversiyon (pronasyon) hareketi yapan menteşe tipinde bir eklemdir (57) (Şekil 27).



Şekil 27. Ayak bileği hareket açıklığı (57).

Lateral ve medial malleoller tarafından, tibiotalar ekleme her iki taraftan kemik destek sağlanır. Lateral malleolün tibia aksıyla arasında AP planda laterale doğru ortalama 12.6 derece medial malleol ile 28.1 derece açı mevcuttur (58). Talus eklem yüzeyi önden arkaya doğru daha geniş olduğu için, dorsifleksiyon sırasında malleoller arası mesafe esneme yaparak bir miktar genişler. Bu sayede eklem alanı

genişleyerek birim alana uygulanan kuvvet azaltılır. Basma esnasında, vücut ağırlığı talus üzerinden kalkaneus ve ayağın ön kısmına iletilir. Diğer yapılarda olduğu gibi trabeküler sistem bu yük aktarımına uygun olarak biçimlenmiştir (12) (Şekil 28).



**Şekil 28.** Ayakta trabeküler sistemin şematik görünümü (12).

## **1.6. Kemik Metabolizma Hormonları**

### **1.6.1. D Vitamini**

D vitamininin iki temel kaynaklarından birincisi kolekalsiferol (D3 vitamini) ikincisi ise ergokalsiferoldür (D2 vitamini). Kolekalsiferol deride ultraviyole ışınlarının etkisiyle 7-dehidrokolesterolden meydana gelir. Ergokalsiferol ise bitkisel kaynaklardan elde edilen D vitamindir. D3 vitamini ve D2, ortak bir adla, D vitamini olarak adlandırılır. D vitamini, ilk başta karaciğerde 25- hidroksikolekalsiferol'e (25 OH)D), daha sonra böbreklerde 1.25- dihidroksikolekalsiferol'e (1.25 (OH)<sub>2</sub>D) çevrilir. Aktif olan formu 1.25 (OH)<sub>2</sub>D'dir. 25 (OH)D'nin bir kısmı ise 24 hidroksilaz sayesinde 25.24- dihidroksikolekalsiferol'e dönüştürülmek üzere inaktive olur. D vitaminin temel görevi, barsaktan ve böbreklerden Ca ve P'nin geri emilimini sağlamaktır. Böbrekler primer olarak PTH'nin etkisi altındadır. Organizmada Ca metabolizması barsaklar, P metabolizması ise böbrekler tarafından ayarlanmaktadır. 25 (OH)D, D vitamin depolarını gösteren en iyi gösterge olarak bilinmektedir (59).

D vitaminin yetersiz olduğu durumlarda Ca'un barsaklardan emilimi %10–15 dolaylarındayken, organizmada D vitamini seviyesinin normal olduğu durumlarda ise barsaklardan Ca emilimi %30-80'lere kadar yükselebilmektedir (59).

D vitamini düzeyi normal ise, barsaklardan Ca Emilimi yeterli olmakta, buna bağı olarak PTH ve 1.25 (OH)<sub>2</sub>D'nin aktivitesi normal aralıklarda kalmakta ve kemiğin mineralizasyonu pozitif olarak etkilenmektedir. Eğer 25 (OH)D düzeyi normal sınırların altında ise bu durumda barsaktan Ca Emilimi düşmekte ve sonuçta hipokalsemiye bağı olarak sekonder hiperparatiroidizm gelişmektedir. PTH, böbreklerde 1- $\alpha$  hidroksilaz enziminin etkinliğini arttırarak 1.25 (OH)<sub>2</sub>D düzeyini arttırır (60).

Aktif D vitamini ve PTH kemiklerden Ca'ı salarak kemik mineralizasyonunu olumsuz etkilemektedir. Bütün bunlardan dolayı, PTH'ın yükselmesine neden olan serum 25 (OH)D düzeyi yani "eşik değeri" önem arz eder. Yetişkinlerde bu eşik değeri 15 ng/ml (37.5 nmol/L)'dir (61, 62).

Çocuklarda belirlenmiş bir eşik değeri olmamakla beraber, 25 (OH)D düzeyinin 11 ng/ml'nin altına indiğı durumlarda organizmada PTH ve 1.25 (OH)<sub>2</sub>D düzeyinin arttığı bildirilmektedir (44, 45). Bu sebeple, 25 (OH)D düzeyi düşmüş ancak rikets bulguları bulunmayan çocuklarda PTH ve 1.25 (OH)<sub>2</sub>D düzeyi yüksek olabilmektedir (63, 64).

### **1.6.2. Kalsiyum Ve Kemik Metabolizması**

Ekstraselüler sıvı kalsiyum düzeyini çok hassas bir biçimde ayarlar. Kalsiyum iskelet kası, kalp kası ve düz kasların kasılması, pıhtılaşma ve sinir uyarılarının iletimi gibi pek çok fizyolojik durumda önemli olduğundan dolayı kalsiyum konsantrasyonunun hassas bir şekilde ayarlanması önemlidir. Vücutta bulunan total kalsiyumunun yalnızca %0.1'i ekstraselüler sıvıda, %1'i hücre içinde geriye kalanı ise kemik yapıda bulunur. Bu nedenle, kemikler ekstraselüler kalsiyum düzeyi azaldığında kalsiyum salıvererek, kalsiyum düzeyi arttığında da fazla kalsiyumu bulundurarak geniş bir depolama görevi üstlenir (65).

Kalsiyum dengesi; barsaktan salınımı ve Emilimi, böbrekten Emilimi ve salgılanması, kemikten rezorbsiyonu ve kemiğe reabsorbsiyonu ile sağlanır. Böbrekler, kalsiyum dengesini dakikalar içinde düzenlenmesinde rol alırken, barsak ve kemikler, orta ve uzun vadede kalsiyum dengesinin düzenlenmesinde rol oynar (65).

Diyet ile alınan Ca'un emiliminin nerdeyse tamamı duodenum ve proksimal jejunumda olur. Enterositlere aktif kalsiyum alınması; lüminal kısımda olan kalsiyum kanalları ile kalsiyumun hücre içine girmesi ile başlar. İntrasellüler Ca, bazolateral membranda bulunan Ca-ATPaz kanalı ile ekstrasellüler bölmeğe geçirilir. Kalsiyum emilimi kalsitonin ve 1.25 (OH)<sub>2</sub>D tarafından ayarlanır (65).

Kalsiyum emiliminin düşmesi sekonder hiperparatiroidizm gibi fizyolojik durumları oluşturur. Paratiroid hormonunun (PTH) artması, düşen kalsiyumu dengelemek için kemikteki osteoklastik aktiviteyi arttırır. Osteoklastik aktivitenin tetiklenmesi kemik dönüşümünü arttırır, kemik mineral dansitesini azalır ve sonuç olarak kemik kırıkları riski artar (66).

### **1.6.3. Parathormon**

Paratiroid bezi embriyonal 3. ve 4. faringeal keseciklerin endodermal yapraklarından meydana gelir. PTH, Ca ve P metabolizmasını düzenleyen, paratiroid bezlerinden üretilen, 84 aminoasittin oluşturduğu polipeptid yapılı bir hormondur. İnsanlarda PTH geni 11p15 alanında bulunur (67).

Parathormonun sentez ve salgılanmasında büyük payı serum Ca konsantrasyonu alır. Kalsiyuma benzer şekilde magnezyum düzeyi ile PTH salgılanması arasında da ters bir bağlantı bulunur. Bunların dışında histamin, dopamin, serotonin, somatostatin, prolaktin, glukagon, kortizol, prostaglandinler, kalsitonin ve çeşitli katekolaminler de PTH salınımında ilişkilidirler (67).

Parathormon hücre membranındaki reseptörlerle temas ederek cAMP aracılığı ile etki meydana getirir. Böbrekler ve kemikler üzerinde özellikle etkilerini gösterir. PTH'nın en mühim görevi, böbreklerden kalsiyum geri alınımı ve kemiklerden kalsiyum salınımı arttırmak suretiyle hipokalseminin önüne geçmektir. Böbrekler üzerindeki etkinliği, Ca geri emilimini artırmak, 1 $\alpha$ -hidroksilaz enzim etkinliğini indüklemek suretiyle, 1.25 (OH)<sub>2</sub>D sentezini arttırmaktır. Yükselmiş olan 1.25 (OH)<sub>2</sub>D salgılanması dolaylı olarak barsaktan Ca emilimini arttırmaktadır. Yüksek PTH düzeyleri aminoasidüriye neden olmaktadır (67, 68).

#### 1.6.4. Magnezyum

İnsan vücudundaki Mg %60'ı dişlerde ve kemikte bulunur. Kalan %40'ı kan, doku ve diğer vücut sıvılarında yer alır. Diğer dokulara göre beyin ve kalpte daha çok bulunur. Hücre içinde mitokondri, nükleus ve endoplazmik retikulum organellerinde homojen olarak izlenebilir. Sitozoldeki Mg'un çok büyük kısmı ATP ile birlikte, çok az miktarda ise (%5) serbest formda bulunmaktadır (69).

Magnezyum vücut kütlelerinin %0.05'i kadar bulunmasına rağmen vücutta 300'den daha çok enzim için kofaktördür. Mg fosfatın taşındığı tüm tepkimelerde söz konusu olan enzimlerin kofaktörüdür (siklaz, kinaz, ATPaz, GTPaz). Fosfofruktokinaz, kreatinkinaz, Na-K ATPaz gibi enzimlerin aktive olmasında direk etkilidir. Nükleik asitlerin stabilizasyonunda da görev alır (69).

Magnezyumun dengelenmesinde böbrek temel organ olmakla beraber gastrointestinal sistem ve kemik dokuda rol alır. Mg primer olarak bağırsaklarda kolon ve ileumdan emilir. Geri emilimi ya da atılmasını böbrekler yapar (69).

Bağırsaklardan Mg emilimi iki yol ile gerçekleşir. İlk olarak Mg'un %90'ı enterositler ve komşu hücreler içersine taşınması ile gerçekleşir. Pasif emilim; epiteller arasındaki voltaj değişimine, iyonik Mg değişkenliğine ve bağımsız Mg'un komşu hücreler arasında doğrudan geçişine bağlıdır. Sıkı bağlantı bölgelerine bağlanan proteinlerin hormonal ve hormonal olmayan kontrol yolları ile komşu hücreler arası geçirgenlik kontrol edilir. İkinci olarak; aktif hücreler arası transfer yolağı düşük Mg seviyesine adaptasyon için fraksiyonel Mg emilimini arttırmayı sağlar (70).

Hipomagnezemi serum Mg konsantrasyonunun 1.6 mEq/L'nin (<1.9 mg/dl)'den düşük olduğu durumlardır. Toplumda hipomagnezemi sıklığı hakkında kesin veriler olmamakla birlikte hastaneye yatan hastalarda yapılan taramalarda %6.9-11 kişide Mg düzeyi düşük izlenmiştir. Hipomagnezeminin klinik bulguları; anoreksi, kusma, bulantı, letarji, kilo verme, kişilik değişimi, tetani (örneğin, pozitif Chvostek veya Trousseau belirtisi veya spontan karpopedal spazm), tremor ve kas fasikülasyonlarıdır (71).

### 1.6.5 Alkalen Fosfataz

Total alkalen fosfataz (tALP) metastatik kemik hastalığının tespitinde genellikle kullanılan geleneksel bir parametredir ancak spesifik olduğu söylenemez. ALP birçok dokudan üretilmektedir. Organik fosfat esterinden bir terminal fosfat grubunu izole etmeye çalışan bir çinko metaloprotein enzim ailesinin elemanıdır. İki temel izformu mevcuttur. Bu enzim alkali ortamda aktivite gösterir. Enzimin aktif merkezi bir serin kalıntısı ihtiva eder. Minimum etkinlik için Mg ve Zn iyonları lazımdır. Enzim etkinliğini böbreğin proksimal kıvrıntılı tübülünün, sindirim sistemi mukozal epitel hücrelerinin, hepatik sinüzoidal membranların, vasküler endotel hücrelerinin ve kemik osteoblastlarda göstermektedir (72).

Karaciğer ve kemik kaynaklı ALP serum ALP seviyesinin büyük bölümünü meydana getirir. Kemik ALP izoenzimi kemik dokusundaki osteoblastik aktiviteyi gösterir ve serumda tesbiti basittir. Kemik metastazlarında artan osteoblastik aktivite sonucu serum tALP ve kemik ALP izoenziminde artış izlenmektedir. Hem kemik hem de karaciğer metastazlarında artabilir. tALP ince böbrek, barsak ve plasentadan salınan izoformları da mevcuttur (72).

Kemik yeniden şekillenme aktivitelerinde doğrudan etkilenen kemik hücreleri ile dolaylı olarak etkilenen kemik matriksinden salınan metabolitler kemik metastazlarını anlamada bir belirteç olarak kullanılabilir. Bu belirteçler iki ana grupta değerlendirilir: kemik yapım ve kemik yıkım serum markırları (72).

Kemik spesifik alkalen fosfataz, membranla ilişik bir osteoblast enzimidir ve osteoblastların spesifik bileşenidir. Normal bireylerde dolaşımdaki tALP'ın yaklaşık %50'sini kemik spesifik ALP meydana getirir (73).

Osteoblast plazma zarında bulunan bir glikoproteindir. Kemik oluşumunda kesin görevi bilinmemekle birlikte kemik matriksinin kalsifikasyonuna rol oynadığı tahmin ediliyor. Artmış osteoblastik aktivitenin ürünü olarak serum seviyesi yükselir. Dolaşımdaki yarı ömrü diğer kemik yapım markerlarına göre daha uzun süre (1-3 gün) olup diurnal değişimi çok azdır (74, 75).

Kemik gelişiminin sürdüğü yaş gurubunda ve kemik tamiri gereksinimi olan olaylarda bu izoenzim aktivitesinde yükselme olur. Primer ve sekonder hiperparatiroidizm, hipo ve hipertiroidizm, diabette izlenen mikroosteoporoz, akromegali, primer kemik sarkomları ve kemik metastazları kemik ALP aktivitesini

en çok arttıran durumlardır. Kemik kırıklarının iyileşme sürecinde, paratiroid adenomlarının eksizyonundan sonraki dönemde kemik tamiri esnasında osteoblastik aktivite artışına bağlı olarak kemik ALP aktivitesinde belirgin artış meydana gelir. Paget hastalığı kemik ALP aktivitesinde en fazla arttıran durumdur. Aynı gen ürünü olan kemik ve karaciğer izoenzimleri arasındaki glikozilasyon farkı, kemik ALP'ye karşı spesifik antikorlar üretmek için kullanılmıştır. Kemik spesifik ALP ölçümü kemik yapım ve yıkımını tALP ölçümünden daha duyarlı olarak göstermektedir (76).



## 2. GEREÇ ve YÖNTEM

### 2.1. Çalışma Grubu

Genu varum ya da genu valgum deformitesi nedeniyle Ekim 2010 ile Kasım 2019 tarihleri arasında polikliniğimize başvuran hastalardan uygun olanları seçilip (takip süresi minimum 6 ay olan, 18 yaş altı,, çalışma sırasında hayatta olan ve hasta dosyasındaki iletişim bilgileriyle ulaşılabilecek olan hastalar dahil edildi) değerlendirildi. Bu amaçla hasta dosyaları, PACS sistemindeki X-RAY grafipleri, ortoröntgenogramlar ve enlil sistemindeki daha önce çalışılmış olan kemik metabolizma parametrelerinden serum Ca, D vitamini, PTH, ALP ve Mg kullanıldı. Belirtilen tarih aralığında hastaneye başvuran; 25i erkek 20 i kız olmak üzere toplam 45 genu varum ya da genu valgum deformitesi olan pediatrik hasta çalışmaya dahil edildi.

Çalışma protokolü Fırat Üniversitesi Girişimci olmayan araştırmalar etik kurulu başkanlığı tarafından 14.01.2021 tarihli yapılan toplantı sonucu 04 karar no ile onaylanmıştır.

Hastaların değerlendirilmesinde; hastaların anamnezleri, fizik muayene sonuçları, labaratuvar parametreleri ve radyolojik tetkikler kullanıldı. Elde edilen bu bilgiler hastane elektronik bilgi sistemine ve hasta dosyalarına kaydedildi.

Tanı; anamnez, fizik muayene bulguları, labaratuvar parametreleri ve radyolojik değerlendirmeler bütünleştirilerek konuldu. Hastaların fizik muayenelerinde; yürüme bozukluğu olup olmadığı, x bacak ya da o bacak görünümünün olup olmadığı tespit edilip kaydedildi. Radyolojik görüntüleme olarak direk radyografi ve ortoröntgenogram teknikleri kullanıldı.

### 2.2. Ölçüm Parametreleri

Bütün ortoröntgenogramlarda, femur başı, diz, ayak bileği merkez noktaları bulundu. Diz eklemi merkez noktası olarak femur ölçümleri için femur interkondiler çentik merkez noktası, tibia için, tibia eminensialarının merkez noktası işaretlendi. Femur başı merkezi - diz eklemi merkezi arası çizgi belirlenerek femur mekanik aksı belirlendi. Femur shaftı merkez noktaları belirlenerek femur anatomik aksı çizildi. Eğer femurda belirgin bir deformite mevcutsa femur anatomik aksı proksimal ve

distal yarı için ayrı ayrı belirlendi. Daha sonra, diz eklemi merkezi - ayak bileği merkezi arası çizgi çizilerek tibia mekanik aksı izlendi. İki çizgi arasındaki açı mekanik tibiofemoral açı mTFA olarak, femur anatomik aksı ile tibia mekanik aksı arasındaki açı ise tibia mekanik aksı anatomik aks ile paralel olduğu için aTFA olarak kabul edildi (15).

mTFA ve aTFA değerleri, valgus tarafında ise pozitif (+), varus tarafında ise negatif (-) olarak değerlendirildi. Tibial ve femoral kondillere teğet çizildi. Femoral kondiler teğet ile femoral anatomik aksı arasındaki açının lateralde kalan bütünleyeni ölçülerek aLDFA, femur mekanik aksı ile interkondiler teğet arasında kalan açının bütünleyeni ölçülerek mLDFA tesbit edildi. Femur boynu ile femur anatomik aksı orta noktası ve femur başı orta noktasını birleştiren doğrunun altında kalan bütünleyeni ölçülerek MNSA; distal tibial eklem yüzü oryantasyon çizgisi ile yer düzlemi arasındaki açı ölçülerek LDT-YDA belirlendi. LDT-YDA varus tarafında ise negatif (-) olarak değerlendirildi. Tibia anatomik (mekanik) aksı ile tibial kondiler teğet arasında kalan açının medialdeki bütünleyeni ölçülerek MPTA, tibia anatomik aksı ile distal tibial eklem yüzü oryantasyon çizgisi arasında kalan açının lateraldeki bütünleyeni hesaplanarak LDFA tesbit edildi (16).

### **2.3. Radyolojik İnceleme**

Dijital ortamda çekilerek bilgisayar ile gerçekleştirilen ölçümlerin, geleneksel tam boy ortoröntgenogramlarda el ile yapılan ölçümlerden farkı bulunmadığını gösteren araştırmalar bulunduğundan tekrar ölçüm yapılmaya gerek görülmedi. Ölçümde kullanılan noktalar kontrol edilerek doğru ise ölçümler de doğru olarak kabul görüldü (77, 78).

### **2.4. Labaratuvar Ölçümleri**

Hastanın D vitamini, kalsiyum, parathormon, magnezyum ve fosfor, alkalen fosfataz gibi laboratuvar verileri ve epidemiyolojik verileri dosya kayıtlarından sağlanacaktır.

Çalışmaya dahil edilen hastaların prospektif ve gözlemsel olarak demografik verileri (yaş, cins, kronik hastalık) ile biyokimyasal tetkikleri (D vitamini, kalsiyum, parathormon, magnezyum ve fosfor, alkalen fosfataz) kaydedilmiştir.

Rutin laboratuvar verileri hastanın kontrollerinde bakıldığı için bu parametreler için ilave bir maliyet olmayacaktır.

## **2.5. İstatistiksel Analiz**

Çalışmada elde edilen bulgular değerlendirilirken, istatistiksel analizler için SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows 22.0 programı kullanılmıştır. Kategorik verilerin karşılaştırılmasında Kikare analizi kullanılmıştır. Veriler ortalama±Standart sapma, sayı ve yüzde şeklinde gösterilmiştir. Ölçümsel verilerin normal dağılıp dağılmadığı Shapiro-Wilk testi ile test edilmiştir. Normal dağılıma uyan ikili ölçümsel veri karşılaştırıldığında Student t testi kullanılmıştır. İki ölçümsel verinin karşılaştırılması için Pearson korelasyon analizi kullanılmıştır. Anlamlılık  $p<0,05$  düzeyinde değerlendirilmiştir.

Çalışmaya 20 (%44.4) kız ve 25 (%55.6) erkek olmak üzere toplam 45 hasta dahil edilmiştir. Hastaların yaş ortalaması  $5.8 \pm 5.2$  (min=1, maks=17) olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Çalışmaya alınan hastaların 36'sında (%80) genu varum, 9'unda (%20) genu valgum bulunmaktadır. Hastaların 44'ü (%97.8) bilateral iken 1'i (%2.2) sol taraftadır. Hastaların 3'ünde (%6.7) ek patoloji bulunmaktadır. Bunların da 2'si (%66.7) raşitizm iken 1'i (%33.3) Mc Cune Albright Sendromudur (Tablo 2).

Hastaların laboratuvar parametreleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Hastaların demografik özellikleri, tanıları, taraf ve ek patolojileri

|                                                  |                           | Sayı              | %    |
|--------------------------------------------------|---------------------------|-------------------|------|
| <b>Cinsiyet</b>                                  | Kız                       | 20                | 44.4 |
|                                                  | Erkek                     | 25                | 55.6 |
| <b>Yaş, Ort<math>\pm</math>SS</b>                |                           | $5.8 \pm 5.2$     |      |
| <b>Tanı</b>                                      | Genu Varum                | 36                | 80.0 |
|                                                  | Genu Valgum               | 9                 | 20.0 |
| <b>Taraf</b>                                     | Bilateral                 | 44                | 97.8 |
|                                                  | Sol                       | 1                 | 2.2  |
| <b>Ek patoloji</b>                               | Var                       | 3                 | 6.7  |
|                                                  | Yok                       | 42                | 93.3 |
| <b>Ek patoloji türü</b>                          | Raşitizm                  | 2                 | 66.7 |
|                                                  | Mc Cune Albright Sendromu | 1                 | 33.3 |
| <b>Ca (mg/dl), Ort<math>\pm</math>SS</b>         |                           | $9.6 \pm 0.7$     |      |
| <b>D vitamini (mcg/L), Ort<math>\pm</math>SS</b> |                           | $19.7 \pm 12.3$   |      |
| <b>PTH (pg/mL), Ort<math>\pm</math>SS</b>        |                           | $99.8 \pm 141.6$  |      |
| <b>ALP (U/L), Ort<math>\pm</math>SS</b>          |                           | $361.5 \pm 259.4$ |      |
| <b>Mg (mg/dl), Ort<math>\pm</math>SS</b>         |                           | $2.1 \pm 0.3$     |      |

Çalışmaya alınan kızların yaş ortalaması  $5.1 \pm 5.0$  ve erkeklerin yaş ortalaması  $6.4 \pm 5.9$  olarak bulunmuş olup cinsiyetler arasında yaş açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ( $p=0.773$ ). Kızların 17'sinde (%85) genu varum, erkeklerin ise 19'unda (%76) genu varum görülmüştür. Cinsiyetler arasında tanı açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ( $p=0.710$ ). Kızların 20'sinde (%100) erkeklerin ise 24'ünde (%96) bilateral olduğu görülmüştür ve cinsiyetler arasında taraf açısından anlamlı farklılık görülmemiştir ( $p=0.999$ ). Kızların 2 sinde (%10) erkeklerin ise 1'inde (%4)

ek patoloji görülmüş olup cinsiyetler arasında ek patoloji varlığı açısından anlamlı farklılık görülmemiştir (p=0.577) (Tablo 3).

Cinsiyetler arasında Ca (mg/dl), D vitamini (mcg/L), PTH (pg/mL), ALP (U/L), Mg (mg/dl) ve GH (ng/mL) açısından anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir (p>0.05) (Tablo 3).

**Tablo 3.** Hastaların yaş, tanı, taraf ve ek patolojilerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

|                                   |             | Kız         |       | Erkek       |      | p       |
|-----------------------------------|-------------|-------------|-------|-------------|------|---------|
|                                   |             | Sayı        | %     | Sayı        | %    |         |
| <b>Yaş, Ort±SS</b>                |             | 5.1±5.0     |       | 6.4±5.9     |      | 0.454*  |
| <b>Tanı</b>                       | Genu Varum  | 17          | 85.0  | 19          | 76.0 | 0.710** |
|                                   | Genu Valgum | 3           | 15.0  | 6           | 24.0 |         |
| <b>Taraf</b>                      | Bilateral   | 20          | 100.0 | 24          | 96.0 | 0.999** |
|                                   | Sol         | 0           | .0    | 1           | 4.0  |         |
| <b>Ek patoloji</b>                | Var         | 2           | 10.0  | 1           | 4.0  | 0.577** |
|                                   | Yok         | 18          | 90.0  | 24          | 96.0 |         |
| <b>Ca (mg/dl), Ort±SS</b>         |             | 9.5±0.8     |       | 9.6±0.5     |      | 0.649*  |
| <b>D vitamini (mcg/L), Ort±SS</b> |             | 18.0±11.9   |       | 21.1±12.7   |      | 0.416*  |
| <b>PTH (pg/mL), Ort±SS</b>        |             | 102.1±155.5 |       | 98.0±132.7  |      | 0.924*  |
| <b>ALP (U/L), Ort±SS</b>          |             | 359.2±255.4 |       | 363.4±267.8 |      | 0.958*  |
| <b>Mg (mg/dl), Ort±SS</b>         |             | 2.0±0.2     |       | 2.1±0.3     |      | 0.334*  |

\*Student t testi, \*\* Kikare analizi, yapılmıştır.

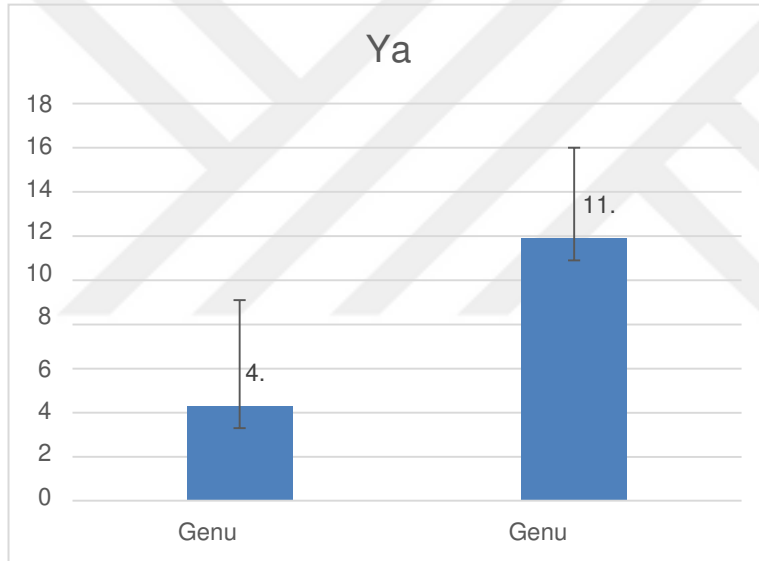
Genu varum tanısı olanların yaş ortalaması (4.3±4.8) genu valgum tanısı olan hastaların yaş ortalamasından (11.9±4.1) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur (p<0.001) (Şekil 36). Genu varum tanısı olanların 35'inde (%97.2) bilateralite, genu valgum tanısı olanların ise 9'unda (%100) bilateralite görülmüş olup tanıya göre taraf açısından anlamlı farklılık görülmemiştir (p=0.999). Genu varum tanısı olanların 1'inde (%2.8) ek patoloji görülmüştür, genu valgum tanısı olanların ise 2'sinde (%22.2) ek patoloji görülmüştür. Tanıya göre ek patoloji varlığı açısından anlamlı farklılık görülmemiştir (p=0.097) (Tablo 4).

Hastalık tanıları arasında Ca (mg/dl), D vitamini (mcg/L), PTH (pg/mL), ALP (U/L), Mg (mg/dl) ve GH (ng/mL) açısından anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir (p>0.05) (Tablo 4).

**Tablo 4.** Hastaların yaş, taraf ve ek patolojilerinin tanıya göre karşılaştırılması

|                            |           | Genu Varum  |      | Genu Valgum |       | p       |
|----------------------------|-----------|-------------|------|-------------|-------|---------|
|                            |           | Sayı        | %    | Sayı        | %     |         |
| Yaş, Ort±SS                |           | 4.3±4.8     |      | 11.9±4.1    |       | <0.001* |
| Taraf                      | Bilateral | 35          | 97.2 | 9           | 100.0 | 0.999** |
|                            | Sol       | 1           | 2.8  | 0           | 0     |         |
| Ek patoloji                | Var       | 1           | 2.8  | 2           | 22.2  | 0.097** |
|                            | Yok       | 35          | 97.2 | 7           | 77.8  |         |
| Ca (mg/dl), Ort±SS         |           | 9.6±0.5     |      | 9.3±1.1     |       | 0.180*  |
| D vitamini (mcg/L), Ort±SS |           | 20.7±13.3   |      | 15.9±6.5    |       | 0.300*  |
| PTH (pg/mL), Ort±SS        |           | 104.9±152.1 |      | 79.4±92.0   |       | 0.634*  |
| ALP (U/L), Ort±SS          |           | 352.4±238.1 |      | 397.8±346.6 |       | 0.644*  |
| Mg (mg/dl), Ort±SS         |           | 2.1±0.3     |      | 1.9±0.2     |       | 0.173*  |

\*Student t testi, \*\* Kikare analizi, yapılmıştır.

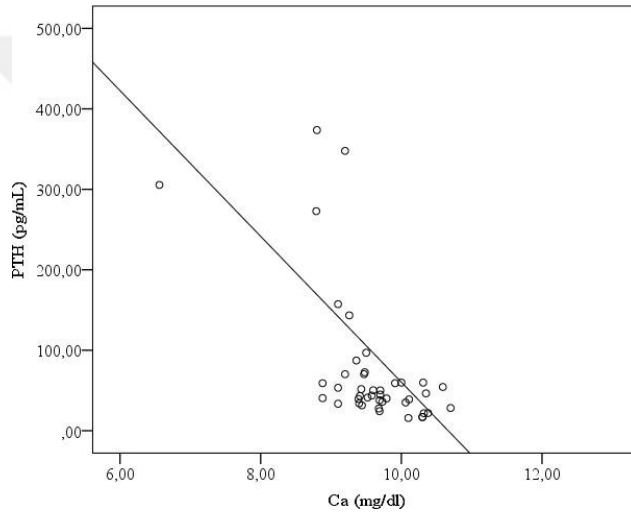


**Şekil 29.** Hastaların yaşlarının tanıya göre karşılaştırılması

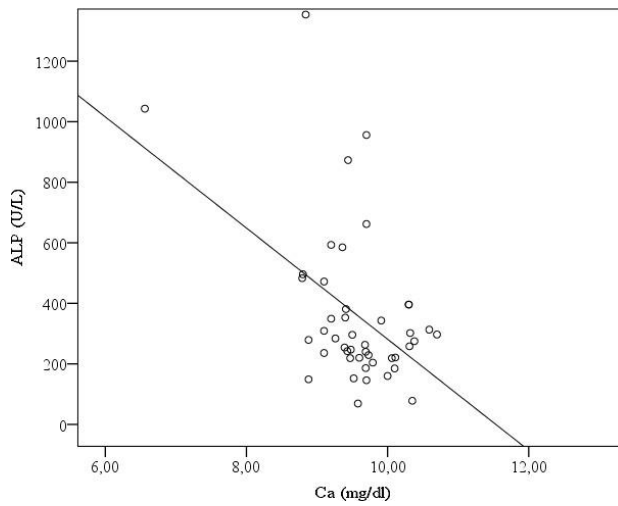
Kalsiyum (mg/dl) ile PTH (pg/mL) ve ALP (U/L) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür. D vitamini (mcg/L) ile PTH (pg/mL) arasında negatif yönde anlamlı bir korelasyon bulunmuştur. PTH (pg/mL) ile ALP (U/L) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur (Tablo 5, Şekil 29-33).

**Tablo 5.** Hastaların yaş ve laboratuvar parametrelerinin korelasyonu

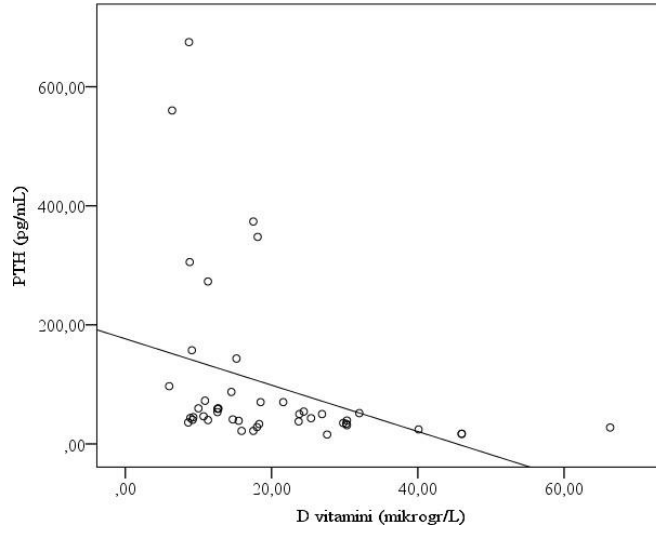
|                       |   | Yaş   | Ca<br>(mg/dl) | D<br>vitamini<br>(mcg/L) | PTH<br>(pg/mL) | ALP<br>(U/L) | Mg<br>(mg/dl) |
|-----------------------|---|-------|---------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------|
| Ca (mg/dl)            | r | -.145 |               |                          |                |              |               |
|                       | p | .343  |               |                          |                |              |               |
| D vitamini<br>(mcg/L) | r | -.243 | .263          |                          |                |              |               |
|                       | p | .108  | .081          |                          |                |              |               |
| PTH (pg/mL)           | r | .083  | <b>-.431</b>  | <b>-.338</b>             |                |              |               |
|                       | p | .588  | <b>.003</b>   | <b>.023</b>              |                |              |               |
| ALP (U/L)             | r | .052  | <b>-.477</b>  | -.066                    | <b>.638</b>    |              |               |
|                       | p | .733  | <b>.001</b>   | .668                     | <b>.000</b>    |              |               |
| Mg (mg/dl)            | r | -.144 | .072          | .031                     | .033           | .092         |               |
|                       | p | .345  | .640          | .839                     | .830           | .548         |               |



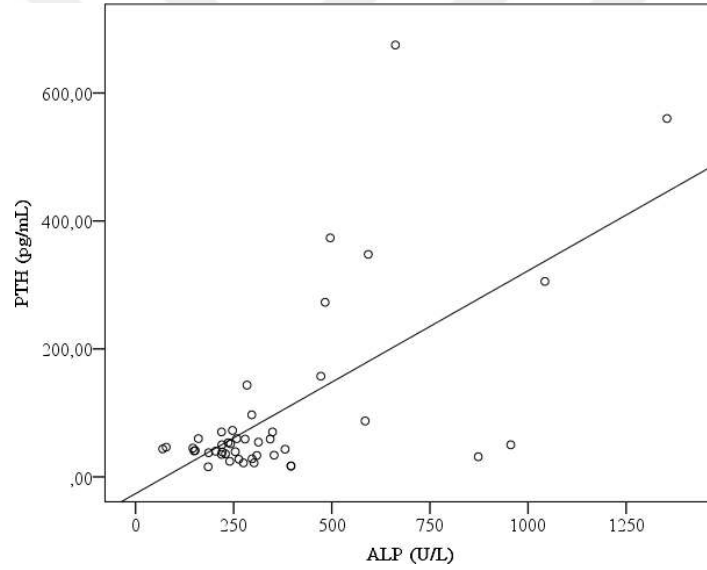
**Şekil 30.** Ca (mg/dl) ile PTH (pg/mL) korelasyonu



**Şekil 31.** Ca (mg/dl) ile ALP (U/L) korelasyonu



**Şekil 32.** D vitamini (mcg/L) ile PTH (pg/mL) korelasyonu



**Şekil 33.** ALP (U/L) ile PTH (pg/mL) korelasyonu

Hastaların 44'ünün (%97.8) Ca değeri, 23'ünün (%51.1) D vitamini değeri, 33'ünün (%73.3) PTH değeri, 2'sinin (%4.4) ALP değeri ve 43'ünün (%95.6) Mg değeri normal olarak bulunmuştur (Tablo 6).

**Tablo 6.** Hastalarının kan değerlerinin kategorisi

|                   |        | Sayı | %    |
|-------------------|--------|------|------|
| <b>Ca</b>         | Düşük  | 1    | 2.2  |
|                   | Normal | 44   | 97.8 |
| <b>D vitamini</b> | Düşük  | 22   | 48.9 |
|                   | Normal | 23   | 51.1 |
| <b>PTH</b>        | Düşük  | 3    | 6.7  |
|                   | Normal | 33   | 73.3 |
|                   | Yüksek | 9    | 20.0 |
| <b>ALP</b>        | Normal | 2    | 4.4  |
|                   | Yüksek | 43   | 95.6 |
| <b>Mg</b>         | Düşük  | 1    | 2.2  |
|                   | Normal | 43   | 95.6 |
|                   | Yüksek | 1    | 2.2  |

Hastaların cinsiyetleri arasında kan değerleri kategorisi açısından anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir (Tablo 7).

**Tablo 7.** Hastaların kan değerlerinin cinsiyete göre karşılaştırılması

|                   |        | <b>Kız</b> |      | <b>Erkek</b> |       | <b>p</b> |
|-------------------|--------|------------|------|--------------|-------|----------|
|                   |        | Sayı       | %    | Sayı         | %     |          |
| <b>Ca</b>         | Düşük  | 1          | 5.0  | 0            | .0    | 0.444    |
|                   | Normal | 19         | 95.0 | 25           | 100.0 |          |
| <b>D vitamini</b> | Düşük  | 10         | 50.0 | 12           | 48.0  | 0.894    |
|                   | Normal | 10         | 50.0 | 13           | 52.0  |          |
| <b>PTH</b>        | Düşük  | 3          | 15.0 | 0            | .0    | 0.166    |
|                   | Normal | 13         | 65.0 | 20           | 80.0  |          |
|                   | Yüksek | 4          | 20.0 | 5            | 20.0  |          |
| <b>ALP</b>        | Normal | 1          | 5.0  | 1            | 4.0   | 0.872    |
|                   | Yüksek | 19         | 95.0 | 24           | 96.0  |          |
| <b>Mg</b>         | Düşük  | 1          | 5.0  | 0            | .0    | 0.697    |
|                   | Normal | 19         | 95.0 | 24           | 96.0  |          |
|                   | Yüksek | 0          | .0   | 1            | 4.0   |          |

Hastaların tanıları arasında kan değerleri kategorisi açısından anlamlı farklılık olmadığı belirlenmiştir (Tablo 8).

**Tablo 8.** Hastaların kan değerlerinin tanıya göre karşılaştırılması

|                   |        | Genu Varum |       | Genu Valgum |       | p     |
|-------------------|--------|------------|-------|-------------|-------|-------|
|                   |        | Sayı       | %     | Sayı        | %     |       |
| <b>Ca</b>         | Düşük  | 0          | .0    | 1           | 11.1  | 0.200 |
|                   | Normal | 36         | 100.0 | 8           | 88.9  |       |
| <b>D vitamini</b> | Düşük  | 15         | 41.7  | 7           | 77.8  | 0.071 |
|                   | Normal | 21         | 58.3  | 2           | 22.2  |       |
| <b>PTH</b>        | Düşük  | 3          | 8.3   | 0           | .0    | 0.668 |
|                   | Normal | 26         | 72.2  | 7           | 77.8  |       |
|                   | Yüksek | 7          | 19.4  | 2           | 22.2  |       |
| <b>ALP</b>        | Normal | 2          | 5.6   | 0           | .0    | 0.469 |
|                   | Yüksek | 34         | 94.4  | 9           | 100.0 |       |
| <b>Mg</b>         | Düşük  | 0          | .0    | 1           | 11.1  | 0.364 |
|                   | Normal | 35         | 97.2  | 8           | 88.9  |       |
|                   | Yüksek | 1          | 2.8   | 0           | .0    |       |

Çocukların alt ekstremitte koronal plan açılanmaları sık izlenir ve ortopediste sık başvuru şikayetlerinden birisidir. Çoğunlukla bu durum fizyolojiktir. Koronal düzlemde alt ekstremitenin açısal deformitesi fazladan fizyolojik açılanma, travma, iskelet displazisi, enfeksiyon ve metabolik hastalığıda içermek üzere birçok sebebi vardır (79). Genu varum ya da valguslu çocuklarda tanı ve tedavi şekli belirlenirken radyografi ile beraber kemik metabolizma parametreleri mutlaka sorgulanmalıdır.

Genellikle doğumdan 18 aylık olana kadar dizdeki normal dağılımlarda, diz varusunun devam ettiği normal bir fizyolojik varus durumu mevcuttur. 2 yaşından sonra çocuklar normalde dizlerinde artan valgus izlenir ve bu durum çoğunlukla ergenliğe kadar devam eder (80). Çalışmamızda; genu varum tanılı hastaların çoğunluğu fizyolojik genu varum olarak izlenmekte olup, genu varum tanısı olanların yaş ortalaması ( $4.3 \pm 4.8$ ) genu valgum tanısı olan hastaların yaş ortalamasından ( $11.9 \pm 4.1$ ) anlamlı şekilde düşük bulunmuştur ( $p < 0.001$ ) (Şekil 36). Çalışmaya alınan hastaların 36'sında (%80) genu varum, 9'unda (%20) genu valgum bulunmaktadır. Hastaların 44'ü (%97.8) bilateral iken 1'i (%2.2) sol taraftadır. 2 yaş altı sağlıklı her çocukta fizyolojik genu varum izlendiğinden literatürle benzer şekilde genu varumun genu valguma göre daha sık izlenmekte olduğunu düşünmekteyiz ve hastalarımızın büyük çoğunluğunda deformitelerin bilateral olmasını bu şekilde açıklayabiliriz.

D vitamini kemik metabolizmasında önemli bir yere sahiptir. D vitamini yetersizliğinde rikets hastalığı izlenir. Rikets ise kıkırdığın ve kemiğin mineralizasyonundaki azalmadan kaynaklanır. Rikets çocuklarda bulaşıcı olmayan hastalıklar içinde en çok izlenen hastalıktır ve ülkemizdeki görülme sıklığı farklı kaynaklarda %1.6-19 aralığında bildirilmiştir (7). Bizim çalışmamızda hastaların 3'ünde (%6.7) ek patoloji bulunmaktadır. Bunların da 2'sinde (%66.7) rikets izlenmiştir (Tablo 2). Genu varum ve valgusla beraber en sık izlenen hastalıklardan birinde rikets olduğunu düşünmekteyiz.

Parathormon sentezi ve salgılanması serum kalsiyum konsantrasyonu tarafından düzenlenir. Serum kalsiyum ve PTH arasında ters orantılı bir ilişki mevcuttur. Bu serum kalsiyum konsantrasyonunun kontrolü için vücudun son derece

önemli bir feedback düzenidir. Hipokalsemi izlenirse, üretimi arttırmak için, bezler hipertrofik ve hiperplazik duruma gelir. Kalsiyumun, PTH sentezi ve salgılanmasını regüle etmesi dışında PTH'un bez içinde parçalanmasını da gerçekleştirir. Uzun süreli, yüksek kalsiyum konsantrasyonu, paratiroid hücresi içinde PTH'nin parçalanmasını arttırır (81). Bizim çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak Ca (mg/dl) ile PTH (pg/mL) arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür (Tablo 5, Şekil 30).

D vitamini, PTH ile birlikte fosfor ve kalsiyum metabolizmasını düzenler. Direkt olarak intestinal sistemden kalsiyum ve fosfor geri emilimini sağlar. D vitamini azaldığında sekonder hiperparatiroidi oluşur ve bu durum artmış kemik rezorpsiyonu, bozulmuş kemik mineralizasyonu ve hipofosfatemiye yol açar (82). Bizim çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak D vitamini ve PTH arasında ters ilişki görülmüştür (Tablo 5, Şekil 32).

Kemik spesifik alkalen fosfataz, membranla ilişkili bir osteoblast enzimidir ve osteoblastların spesifik ürünüdür. Normal bireylerde dolaşımdaki tALP'nin yaklaşık %50'sini kemik spesifik alkalen fosfataz meydana getirir (75). Primer ve sekonder hiperparatiroidizm, hipo ve hipertiroidizm, diabette izlenen mikroosteoporoz, primer kemik sarkomları ve kemik metastazları kemik ALP aktivitesini en fazla arttıran hastalıklardır (73). Bizim çalışmamızda da literatür ile uyumlu olarak PTH (pg/mL) ile ALP (U/L) arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu bulunmuştur (Tablo 5, Şekil 33).

Serum kemik alkalen fosfataz düzeyleri her iki cinsiyette süt çocukluğu döneminde artmış olmakla beraber, pubertal döneme kadar büyüme hızı ile orantılı olarak artma eğilimindedir. Pubertal kızlarda, erişkinlere göre kemik ALP 10 kat, total ALP 5 kat daha fazla artmış izlenmiştir (83). Paget hastalığı, osteoporoz, hipertiroidizm, hiperparatiroidizm, akromegali, rikets, osteolitik metastazlar, osteomalazi gibi durumlarda serum kemik ALP düzeylerinde yükselme izlenir. ALP yalnızca yeni yürümeye başlayan çocuklarda kemik metabolik anormalliği nedeniyle spesifik olarak artmasa da, ALP'nin beslenme raşitizminin taranması için faydalı olduğu düşünülmektedir (84-86). Literatür ile benzer şekilde bizim çalışmamızda tüm pediatrik hastalarda ALP düzeyi yüksek bulunmuştur (Tablo 6). İlerleyen yıllarda

çocuk alt ekstremitelerde koronal plan eğriliklerinde bir tarama testi olarak kullanılabileceğini öngörmektedir.

Ciddi genu varum veya valgum deformitesi riski, azalmış serum 25 (OH) D düzeyleri olan 7-16 yaş arası çocuklarda artmıştır (87). Genu varum veya valgum deformiteleri sebebiyle opere edilen hastalardan alınan iliak kanat biyopsi örneklerinde osteopeni ve/veya osteomalazi gibi kemik histomorfometrik değişiklikleri çoğunlukla izlenmiştir (88). Bizim çalışmamıza dahil olan 45 hastanın 22 sinde D vitamini düşük bulunmuştur (Tablo 6) sonuç olarak D vitamini yetersizliğinin pediatrik hastalarda koronal plandaki deformite riskini arttırdığını düşünmekteyiz.

Magnezyum, hidroksiapatit kristal meydana gelmesinde önemli bir rol oynar (89, 90). Düşük Mg diyetinin, sıçan femurlarında elastik modülü düşürdüğü ve femuru zayıflattığına dair çalışmalar vardır (91). Ancak bizim çalışmamızda hastaların 43'ünün (%95.6) Mg değeri normal olarak bulunmuştur (Tablo 6). Dolayısıyla Mg'nin çocuklukta kemik gücünde önemli bir rol oynamadığını düşünmekteyiz.

Sonuç olarak; çalışmamızda; Genu varum ya da genu valgum deformitesine sahip pediatrik hastaların kemik metabolizma parametrelerinden, D vitamini, kalsiyum, parathormon, magnezyum ve fosfor, alkalen fosfataz düzeylerinde anlamlı düzeyde değişiklikler saptanmıştır. Bu nedenle genu varum ya da genu valgum deformitesine sahip pediatrik hastaları ortopedi polikliniğinde değerlendirirken fizik muayene ve radyolojik değerlendirmeye beraber kemik metabolizma parametrelerinin sorgulanması gerektiğini düşünüyoruz. Bu şekilde bu deformiteleri daha kapsamlı değerlendirmiş olup hastalarımıza daha etkin tedavi ve takip seçenekleri sunabiliriz. Genu varum ve genu valgum deformitelerinin daha çok bilateral seyrettiğini ve genu varumun genu valguma göre daha erken yaşlarda görüldüğünü tahmin ediyoruz ancak literatürde sınırlı sayıda çocuk alt ekstremitelerde koronal plan deformiteleriyle ilgili insidans ve prevalans çalışması mevcut. Kemik metabolizma parametrelerinden ALP nin genu varum ya da valgum deformitesine sahip pediatrik hastalarda yüksek bulunmasından dolayı ilerliyen yıllarda bir tarama testi olarak kullanılabileceği önerilebilir. 2 yaş altındaki çocuklarda fizyolojik olarak düşünülen genu varum deformitesinin etiyolojisinde D vitamini eksikliği ve düşük

kalsiyum seviyesi izlenebileceğini düşünmekteyiz. Bu yüzden bu çocukların beslenme alışkanlıkları araştırılmalı gerekirse D vitamini tedavisi başlanması önerilebilir. Bu kemik metabolizma parametrelerinde oluşan anormal değişimler farklı hastalık ve sendromlarla ilişkili olabileceğinden tedavi ve takip planlaması yapılırken mutlaka altta yatan hastalığa yönelik planlama yapılması gereklidir. Bununla birlikte çocuk endokrin bölümünde dahil edildiği multidisipliner bir yaklaşım hasta açısından faydalı olabilir. Kemik metabolizma parametrelerinin genu varum ve genu valgum tanısı, tedavi ve takipte öneminin anlaşılması için daha geniş örneklemli çalışmalara ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz.



1. Saran N, Rathjen KE. Guided growth for correction of pediatric lower limb angular deformity. *J Acad Orthop Surg* 2010; 18 (9): 528-536.
2. Ain MC, Shirley ED, Pirouzmanesh A, Skolasky RL, Leet AI. Genu varum in achondroplasia. *J Pediatr Orthop* 2006; 26 (3): 375-379.
3. Odunusi E, Peters C, Krivit W, Ogilvie J. Genu valgum deformity in Hurler syndrome after hematopoietic stem cell transplantation: correction by surgical intervention. *J Pediatr Orthop* 1999; 19(2): 270-274.
4. Boero S, Michelis MB, Riganti S. Use of the eight-plate for angular correction of knee deformities due to idiopathic and pathologic physis: initiating treatment according to etiology. *J Child Orthop* 2011; 5(3): 209-216.
5. Yilmaz G, Oto M, Thabet AM, Rogers KJ, Anticevic D, Thacker MM, Mackenzie WG. Correction of lower extremity angular deformities in skeletal dysplasia with hemiepiphysodesis: a preliminary report. *J Pediatr Orthop* 2014; 34 (3): 336-345.
6. Cho TJ, Choi IH, Chung CY, Yoo WJ, Park MS, Lee DY. Hemiepiphyseal stapling for angular deformity correction around the knee joint in children with multiple epiphyseal dysplasia. *J Pediatr Orthop* 2009; 29(1): 52-56.
7. Hatun Ş. Günümüzde D vitamini yetersizliği ve Rikets. *Çocuk sağlığı ve Hastalıkları Dergisi* 2003; 46: 224-411.
8. Wharton B. Bishop N. Rickets. *Lancet* 2003; 362: 1389-400.
9. Holick MF. Resurrection of vitamin D deficiency and rickets. *J Clin Invest* 2006; 116 (8): 2062-2072.
10. Taylor SN, Wagner CL, Hollis BW. Vitamin D: Benefits for bone, and beyond. *Contemporary Pediatrics* 2006: 1-8.
11. Taner D. Fonksiyonel Anatomi, Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi. Hekimler Yayın Birliği, 1996.

12. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K. Prometheus Anatomi Atlası, Cilt1. Nobel Tıp Kitabevi, 2007.
13. Gray's Atlas of Anatomy, 3rd Edt. Elsevier, 2020:344-348.
14. Agur Anne D, Arthur F. Grant's Atlas of Anatomy, 12th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, 2009:182-188.
15. Putz R, Pabst R. Sobotta İnsan Anatomisi Atlası. 4.Türkçe Baskı, Beta Basım Yayım Dağıtım AŞ, 1994:15-16.
16. Paley D. Principles Of Deformity Correction. Springer, 2003:178-180.
17. Paley D. Normal lower limb alignment and joint orientation. Paley D. Principles of Deformity Correction. Berlin: Springer-Verlag, 2005: 1–97.
18. Tetsworth K, Paley D. Malalignment and degenerative arthropathy. Orthop Clin North Am 1994; 25: 367-377.
19. Jugesh I. Cheema, Leslie E. Grissom ve H. Theodore Harcke Radio Graphics 2003; 23(4): 871-880.
20. Colyn W, Agricola R, Arnout N. How does lower leg alignment differ between soccer players, other athletes, and non-athletic controls? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2016; 24: 3619–3626.
21. Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, Belo JN, Bernsen RM, Reijman M, et al. Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. Arthritis Rheum 2007; 56(4): 1204-1211.
22. Michael D. Lewek, Katherine S. Rudolph, Lynn Snyder-Mackler, Control of frontal plane knee laxity during gait in patients with medial compartment knee osteoarthritis. Osteoarthritis and Cartilage 2004; 12(9): 745-751.
23. Raney EM, Topoleski TA, Yaghoubian R, Guidera KJ, Marshall JG. Orthotic treatment of infantile tibia vara. J Pediatr Orthop 1998; 18: 670-674.
24. Keskin M, Erdeve ŞS, Aycan Z. Pubertal dönemde aktif rikets; D vitamini eksikliği, yetersiz kalsiyum alımı ya da her ikisi? Türkiye Çocuk Hast Derg 2016; 1-3.

25. Staheli LT. Torsion-treatment indications. Clin Orthop Relat Res 1989; 247: 61-66.
26. Kodkani PS. Dome osteotomy of the proximal tibia for genu varum treated with a new fixation device. J Knee Surg 2007; 20: 111-119.
27. White, Gregory R. Mencia, Gregory A. Genu Valgum in Children: Diagnostic and Therapeutic Alternatives, Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons: September 1995; 3(5): 275-283
28. Greene WB. Genu varum and genu valgum in children: differential diagnosis and guidelines for evaluation. Compr Ther 1996; 22: 22-29.
29. Stevens PM. Guided growth for angular correction: a preliminary series using a tension band plate. J Pediatr Orthop 2007; 27: 253-259.
30. Wang JW, Hsu CC. Distal femoral varus osteotomy for osteoarthritis of the knee. Surgical technique. J Bone Joint Surg Am 2006; 88: 100-108.
31. Wang JW, Hsu CC. Distal femoral varus osteotomy for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Am 2005; 87(1): 127-133.
32. Baghdadi T, Espandar R. Schmid's metaphyseal chondrodysplasia: a case report. The Journal of Faculty of Medicine 2001; 59: 18-22.
33. Lippert LS, Davis FA. Clinical Kinesiology and Anatomy: 4th Edition, Company, 2006:351-355.
34. Levangie PK, Norkin CC. Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis. F. A. Davis Company, 2005.
35. Müller ME. Intertrochanteric osteotomy in the treatment of the arthritic hip joint. Tronzo RG(ed), Surgery of the hip joint. Philadelphia, Lea & Febiger, 1973:177-178.
36. Van Raaij TM, Brouwer RW, Reijman M, Bierma-Zeinstra SM, Verhaar JA. Conventional knee films hamper accurate knee alignment determination in patients with varus osteoarthritis of the knee. Knee 2009; 16(2): 109-111.
37. Hamill J, Knutzen KM. Biomechanical Basis of Human Movement, 3rd Edition: Lippincott Williams & Wilkins, 2009:154-158.

38. Kapandji IA. The Physiology of the Joints. 5th Edition, Lower Limb, 2, Churchill Livingstone, 1982:144-149.
39. Brinckmann P, Frobin W, Hierholzer E. Stress on the articular surface of the hip joint in healthy adults and persons with idiopathic osteoarthritis of the hip joint. *Biomechanics* 1981; 14: 149-156.
40. Athanasiou K, Agarwal A, Dzida F. Comparative study of the intrinsic mechanical properties of the human acetabular and femoral head cartilage. *J Orthop Res* 1994; 12: 340- 349.
41. Dandachli W, Kannan V, Richards R, Shah Z, Hall-Craggs M, Witt J. Analysis of cover of the femoral head in normal and dysplastic hips: new CT-based technique. *J Bone Joint Surg (Br)* 2008; 90(11): 1428-1434.
42. Anda S, Svenningsen S, Dale LG. The acetabular sector angle of the adult hip determined by computed tomography. *Acta Radiol Diagn (Stockh)* 1986; 27: 443-447.
43. Brinckmann P, Hoefert H, Jongen HT. Sex differences in the skeletal geometry of the human pelvis and hip joint. *Biomechanics* 1981; 1: 427-430.
44. Genda E, Iwasaki N, Li G, MacWilliams BA, Barrance PJ, Chao EY. Normal hip joint contact pressure distribution in single-leg standing-effect of gender and anatomic parameters. *J Biomech* 2001; 34(7): 895-905.
45. Hodge WA, Carlson KL, Fijan RS, Burgess RG, Riley PO, Harris WH. Contact pressures from an instrumented hip endoprosthesis. *J Bone Joint Surg (Am)* 1989; 71(9): 1378-1386.
46. Tonnis, *Congenital Dysplasia and Dislocation of The Hip in Children and Adults* 1984:135-139.
47. Bachtar F, Chen X, Hisada T. Finite element contact analysis of the hip joint. *Med Biol Eng Comput.* 2006; 44(8): 643-651.
48. Pustoch A, Cheze L. Normal and osteoarthritic hip joint mechanical behaviour: a comparison study. *Med Biol Eng Comput* 2009; 47(4): 375-383.

49. Singh M, Nagrath AR, Maini PS. Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. *J Bone Joint Surg Am* 1970; 52: 457–467.
50. Sobotta Atlas of Human Anatomy, 1982:134-135.
51. Chang A, Hayes K, Dunlop D, Song J, Hurwitz D, Cahue S, Sharma L. Hip abduction moment and protection against medial tibiofemoral osteoarthritis progression. *Arthritis Rheum.* 2005; 52(11): 3515-3519.
52. Simon RR, Koenigsknecht SJ, Stevens C. Emergency orthopedics: The extremities. 2nd ed. Norwalk: Appleton & Lange, 1987:168-172.
53. Eckhoff DG, Bach JM, Spitzer VM, Reinig KD, Bagur MM, Baldini TH. Three-dimensional mechanics, kinematics, and morphology of the knee viewed in virtual reality. *J Bone Joint Surg (Am)* 2005; 87(2): 71-80.
54. Hurwitz DE, Sumner DR. Dynamic knee loads during gait predict proximal tibial bone distribution. *Journal of Biomechanics* 1998; 31(5): 423-430.
55. Akamatsu Y, Koshino T, Saito T, Wada J. Changes in osteosclerosis of the osteoarthritic knee after high tibial osteotomy. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1997; 334: 207-214.
56. Petersen MM, Olsen C, Lauritzen JB, Lund B, Hede A. Late changes in bone mineral density of the proximal tibia following total or partial medial meniscectomy a randomized study. *Journal of Orthopaedic Research* 1996; 14: 16-21.
57. Tortora GJ, Nielsen MT, Thomas M. Principles of human anatomy: John Wiley, 2012.
58. Fessy MH, Carret JP, Béjui J. Morphometry of the talocrural joint. *Surg Radiol Anat* 1997; 19(5): 299-302.
59. Vieth R. Vitamin D supplementation, 25-hydroxyvitamin D concentrations, and safety. *Am J Clin Nutr* 1999; 69 (5): 842–856.
60. Holick MF. Vitamin D. Shills ME, Olson JA, Shike M, Ross CA, eds. *Modern Nutrition in Health and Disease*. 9th edition. Baltimore: Williams & Williams, 1999: 329–345
61. Gloth FM, Gundberg CM, Hollis BW, Haddad JG, Tobin JD. Vitamin D deficiency in homebound elderly persons. *JAMA* 1995; 274(21): 1683–1686.

62. Thomas MK, Lloyd-Jones DM, Thadhani RI, Shaw AC, Deraska DJ, Kitch BT, et al. Hypovitaminosis D in medical inpatients. *N Engl J Med* 1998; 19; 338(12): 777–783.
63. Joiner TA, Foster C, Shope T. The many faces of vitamin D deficiency rickets. *Pediatrics in Review* 2000; 21(9): 296–302.
64. Lichtenstein P, Specker BL, Tsang RC, Mimouni F, Gormley C. Calcium regulating hormones and minerals from birth to 18 months of age: a cross sectional study. I. Effects of sex, race, age, season and diet on vitamin D status. *Pediatrics* 1986; 77(6): 883- 890.
65. Fournier MR, Targownik LE, Leslie WD. Proton pump inhibitors, osteoporosis, and osteoporosis-related fractures. *Maturitas* 2009; 20; 64(1): 9-13.
66. Wright MJ, Proctor DD, Insogna KL, Kerstetter JE. Proton pump-inhibiting drugs, calcium homeostasis, and bone health. *Nutr Rev* 2008; 66(2): 103-108.
67. Kruse K. Endocrine Control of Calcium and Bone Metabolism. “Clinical Paediatric Endocrinology” Ed. Brook CGD, 3th ed, Oxford, Backwell Science Ltd, 1995: 712– 743.
68. Kurdoğlu G. Günay S. Sökücü S. Beslenme ve Beslenme bozuklukları, “Pediatri” Ed. Neyzi O. İstanbul, Fatih Gençlik Vakfı Matbaa İşletmesi, 1989: 395–401.
69. Saris NE, Mervaala E, Karppanen H, Khawaja JA, Lewenstam A. Magnesium. An update on physiological, clinical and analytical aspects. *Clin Chim Acta* 2000; 294(1-2): 1-26.
70. Quamme GA. Recent developments in intestinal magnesium absorption. *Curr Opin Gastroenterol* 2008; 24(2): 230-235.
71. Wong ET, Rude RK, Singer FR, Shaw ST, A high prevalence of hypomagnesemia and hypermagnesemia in hospitalized patients. *Am J Clin Pathol* 1983; 79(3): 348-352.
72. Jung K, Lein M, Stephan C. Comparison of 10 serum bone turnover markers in prostate carcinoma patients with bone metastatic spread: diagnostic and prognostic implications. *Int J Cancer* 2004; 111: 783-791.

73. Rosemary A. Hannon and Richard Eastell. Bone markers and current laboratory assays. cancer treatment reviews 2006; 32: 7-14.
74. Holmes RA. Radiopharmaceutical in clinical trials. Semin Oncol 1993; 20: 22-26.
75. Abildgaard N, Glerup H, Rungby J, Bendix-Hansen K, Kassem M, Brixen K, et al. Biochemical markers of bone metabolism reflect osteoclastic and osteoblastic activity in multipl myeloma, Eur J Haematol 2000; 121-129.
76. Per-Anders Abrahamsson, Pathophysiology of Bone Metastases in Prostate Cancer, Malmo" University Hospital, Malmo", Sweden; European Urology Supplements 2004; 3: 3-9
77. Kizilkanat E, Boyan N, Ozsahin ET, Soames R, Oguz O. Location, number and clinical significance of nutrient foramina in human long bones. Ann Anat 2007; 189(1): 87-95.
78. Saran N, Rathjen KE. Pediatrik alt ekstremite açisal deformitesinin düzeltilmesi için rehberli büyüme. J Acad Orthop Surg 2010; 18(9): 528-536.
79. Jones S, Khandekar S, Tolessa E. Pediatrik Ortopedide Alt Ekstremit Normal Varyantları. Int J Clin Med 2013; 4: 12 – 17.
80. Arazi M, Oğün TC, Memik R. Çocuklarda tibiofemoral açının normal gelişimi: 3 ila 17 yaş arası 590 normal kişiden oluşan klinik bir çalışma. J Pediatr Orthop 2001; 21: 264–267.
81. Usman A, Konan A, Sayek İ. Paratiroid hastalıkları. Sayek İ (ed). Temel Cerrahi. 3. baskı. İstanbul, Ankara: Güneş Kitapevi, 2004; 1631- 1636.
82. Kelly A, Levine MA. Hypocalcemia in the critically ill patient. J İnt Care Med 2013. 28(3): 166-177.
83. Szulc P, Seman E, Delmas PD. Biochemical measurements of bone turnover in children and adolescent. Osteoporosis Int 2000; 11: 281-294.
84. Taylor JA, Richter M, Done S, Feldman KW. Use of alkaline phosphatase measurement as a screening test for rickets in breastfed infants and young children: A study from the Puget robust pediatric research network. Clin Pediatr 2010; 49: 1103-1110.

- 85.** Marangoz TA, Foster C, Shope T. D vitamini eksikliği raşitizminin birçok yüzü. *Pediatr Rev* 2000; 21: 296–302.
- 86.** Misra M, Pacaud D, Petryk A, Collett-Solberg PF, Kappy M. Vitamin D deficiency and management in children: a review of current knowledge and recommendations. *Pediatrics* 2008; 122: 398-417.
- 87.** Voloc A, Esterle L, Nguyen TM, Walrant-Debray O, Colofitchi A, Jehan F, Garabedian M. High prevalence of genu varum / valgum in European children with low vitamin D status and inadequate dairy/calcium intake. *Calcif Tissue Int* 2005; 76: 412–418.
- 88.** Schnitzler CM, Pettifor JM, Patel D, Mesquita JM, Moodley GP, Zachen D. Metabolic bone disease in black youth with genu valgum or varum without radiological rickets: a histomorphometric study of bone. *J Bone Miner Res* 1994; 9: 479-486.
- 89.** Blumenthal NC. Calcification inhibition mechanisms. *Clin Orthop Relat Res* 1989; 247: 279—289
- 90.** Amizuka N, Li M, Kobayashi M, Hara K, Akahane S, Takeuchi K. Vitamin K2, a gamma-carboxylating factor of Gla proteins, normalizes bone crystal nucleation impaired by Mg-deficiency. *Histol Histopathol* 2008; 23: 1353-1366.
- 91.** Kobayashi M, Hara K, Akiyama Y. Effects of vitamin K2 (menatetrenone) and alendronate on bone mineral density and bone strength in rats fed a low magnesium diet. *Bone* 2004; 35: 1136-1143.

## 6. ÖZGEÇMİŞ

Elazığ’da doğdu. İlköğretimi Elazığ Yücel ilköğretim okulunda, liseyi Elazığ Ahmet Kabaklı Anadolu Öğretmen Lisesinde tamamladıktan sonra 2006 yılında Elazığ Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesini kazandı. 2012 yılında mezuniyetinin ardından Elazığ ilinin Baskil İlçe Devlet Hastanesinde 2 yıl pratisyen hekimlik yaptı. 2016 yılında T.C Fırat Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji A.D ‘da uzmanlık eğitimine başladı. Halen aynı klinikte araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

