

# Çocuk Ayak Radyografisinin Değerlendirilmesi ve Sık Görülen Konjenital Ayak Deformitelerinin Radyografik Özellikleri

Ahmet DOĞAN\*, Onat ÜZÜMCÜGİL\*, Gazi ZORER\*\*, Merter YALÇINKAYA\*\*\*

Çocuk ayak deformitelerinin değerlendirilmesi ve tedavi planında radyografik çalışmaların çok önemli bir yeri vardır. Bu çalışmanın amacı, çocuk ayak deformitelerinin radyografik olarak değerlendirilmesinde uygun pozisyonda radyografi çekiminden, sıklıkla kullanılan aksların ve açılal parametrelerin tanımlanmasına ve yorumlanmasına kadar günümüz literatür bilgilerinin özetlenmesidir. Bu çalışmada ayrıca çocukluk çağında sık görülen (clubfoot, konjenital vertikal talus, tarsal koalisyon, metatarsus adduktus ve skewfoot) ayak deformitelerinin radyografik özellikleri de incelenmiştir. Çocuk ayak radyografilerinde değerlendirilecek olan parametrelerin standardizasyonu çok önemlidir. Bu, aynı zamanda deformitelerin evrensel bir dille yorumlanmasını ve yapılacak hata oranının en aza indirgenmesini sağlar. Çocuk ayak radyografisinin açılal parametrelerle değerlendirilmesinde grup içi ve dışı değerlendirici değişkenliğinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını<sup>(1)</sup> bildiren yazarlar olduğu kadar anlamlı derecede değişkenlik gösterdiğini<sup>(2)</sup> bildiren yazarlar da vardır.

Çocuk ayağının radyografik değerlendirmesi erişkin ayağından farklıdır. Çocuk ayağı, ayak kemiklerinin kemikleşme zamanlarındaki değişkenlik ve büyüme ve gelişme sürecinde olmasından dolayı daha az radyografik veri sağlar. Aynı zamanda hafif yada orta dereceli deformiteler yenidoğan ve erken çocukluk döneminde ciltaltı yağ dokunun fazlalığı nedeniyle klinik olarak ta farkedilemeyebilir, ancak dizilimdeki bozukluklar zamanla çocuğun ayağı büyüdükçe belirgin hale gelmeye başlar.<sup>(3)</sup> Doğumda sadece birkaç kemiğin yuvarlak ossifikasyon çekirdekleri radyografik olarak görülebilir. Ayrıca, erişkin ayağındaki normal radyografik değerlerin çocuk topluluğuna uygulanması olası değildir.

Vanderwilde ve ark. normal çocuk ayağındaki çeşitli ölçümleri geniş bir yelpazede incelemiştir ve

artan yaşla birlikte bu parametrelerdeki değişiklikleri ortaya koymuşlardır. Bazı açılaların (anteroposterior [AP] talokalkaneal, AP kalkaneus-5.metatars) yaşla birlikte belirgin bir şekilde azalma eğiliminde olduğunu bildirmişlerdir. Buna karşın lateral talokalkaneal ve lateral talus-1.metatars açılardaki azalmanın daha az belirgin olduğunu ve daha az devam ettiğini, lateral tibiotalar, talohorizontal ve maksimum dorsifleksiyon talokalkaneal açılardaki azalmanın çok yavaş ancak devamlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada lateral maksimum dorsifleksiyon tibiokalkaneal açının yaşla birlikte artma eğiliminde olduğu ve talokalkaneal indeksin dört yaşından sonra çok daha hızlı bir düşüş gösterdiği ortaya konmuştur. Bu çalışmadaki veriler, çocuk ayak deformitelerinin radyografik olarak değerlendirilmesinde bir takım standartları ortaya koymuştur.<sup>(4)</sup>

## Ayak gelişimi ve kemikleşme:

Embriyonik dönem, ovulasyondan sonraki 7. haftanın sonuna kadar geçen süredir. Ayak ilk olarak embriyonik dönemin 4. ile 5. haftaları arasında görünür. Tarsal kemikler yoğunlaşan mezenkimden 5. ile 6. haftalarda oluşur. Birkaç gün sonra kırık yapılaşması başlar. Embriyonik dönemin sonunda artık normal bir ayak şekli kazanılmış olur.<sup>(5,6)</sup>

Ayak büyümesi infant dönemde ve 5 yaşa kadar çok hızlıdır. Kızlarda 1 ve erkek çocuklarda 1.5 yaşında ayak erişkin boyunun yarısına ulaşır. 5 yaşından sonra büyüme yavaşlar ve kızlarda 12, erkeklerde 16 yaşında ayak erişkin boyuna ulaşır. Ayakta inrauterin ilk kemikleşme yapılar distal falankslardır ve takiben metatarslar, proksimal falankslar ve orta falankslar ossifiye olur. Yeni doğanda kalkaneus, talus ve küboidin ossifikasyon merkezleri radyografik olarak görülür. Ancak küboidin ossifikasyonu infant 3 haftalık olana dek gecikebilir. Aynı zamanda yeni doğanda metatarslar ve falanksların ossifikasyon merkezleri de radyografik olarak görülür. 1.metatarsın büyüme plağı proksimalde, diğer metatarslarınki ise distalde yer alır.<sup>(5,6)</sup>

\* S.B.İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 1.Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Uzm. Dr.

\*\* Ethica İncirli Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

\*\*\*S.B.İstanbul Eğitim ve Araştırma Hastanesi, 1.Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, Asistan Dr.

Lateral küneiform 4-20 aylar arasında, medial küneiform 2 yaş civarında, orta küneiform 3 yaş civarında ve naviküler 2-5 yaş arasında ossifiye olur. Kalkaneusun apofizi kızlarda 4-6 yaş ve erkeklerde 5-7 yaş civarında ossifiye olur ve kızlarda 16, erkeklerde 20 yaş civarında kalkaneus cisminde füzyon gerçekleşir. Genel olarak ossifikasyon merkezlerinin çoğu kız çocuklarında erkek çocuklarına oranla radyografik olarak daha erken görünür.<sup>(5,6,7)</sup>

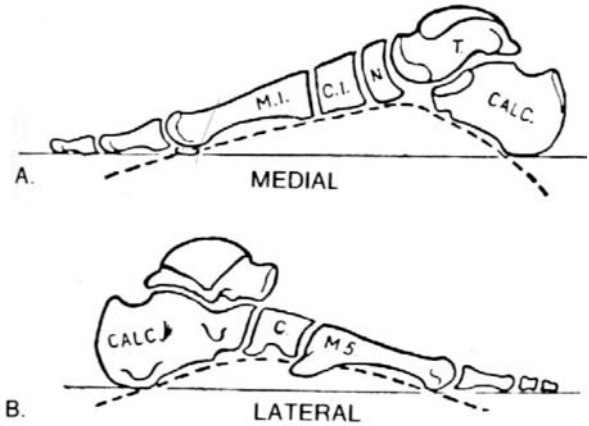
Doğumsal bazı ayak deformitelerinde (clubfoot, konjenital vertikal talus vb.) kemiklerin ossifikasyonunda gecikme gözlenir. Tarsal ve metatarsal kemikler arasındaki normal anatomik ilişkinin kaybolmasına bağlı olarak normal fizyolojik uyarı yetersizliğinden kaynaklanmaktadır. Tarsal kemiklerin normal anatomik ilişkisi sağlandıktan sonra hızla ossifikasyon merkezleri görülür hale gelir (Wolf kanunu).<sup>(5,6,7)</sup>

### Ayağın arkları ve fonksiyonel anatomisi:

Ayak kemikleri, vücut ağırlığını desteklemede şok emici ve hareket sırasında salınımı sağlayacak şekilde longitudinal ve transvers olarak dizilmiştir. Arklara katılan kemikler, ayağın eklemlili iskeletinde görülebilir. Ayağın tasarımı, ayağı yüzey ve ağırlık değişikliklerine uyumlu hale getirir. Vücut ağırlığı talusa tibia ve fibula aracılığıyla iletilir. Daha sonra da posteroinferior yönde kalkaneusa ve anteroinferior yönde de metatars başlarına eşit olarak dağılır. Bu yük taşıyan noktaların arası, tarsal ve metatarsal kemiklerce oluşturulan ayağın arklarıdır. Rölatif olarak elastik olan bu arklar, hem longitudinal hem de transvers olarak superiora konvek olup ayakta durma sırasında vücut ağırlığı ile hafifçe yassılaşırlar, fakat vücut ağırlığı elimine edilirse (ör:oturma) normal kurvatürlerini tekrar kazanırlar. Longitudinal ve transvers olmak üzere iki ark vardır<sup>(7)</sup>:

**Ayağın longitudinal arku:** Tanım amacıyla ayağın longitudinal arkının medial ve lateral bölümlerinden oluştuğu kabul edilir (Şekil 1). Longitudinal arkın normal yüksekliği ya da yüksekliğin toplumdaki dağılımının alt ve üst sınırlarını gösteren ortalama değer konusunda genel kabul gören bir görüş yoktur. Medial longitudinal ark daha yüksekte ve daha önemlidir. İşlevsel olarak, longitudinal arkın her iki bileşeni transvers arklarla birlikte bir bütün olarak davranır ve ağırlığı tüm yönlerde dağıtır. Normal bir ayak medial taraftan incelendiğinde, longitudinal arkın medial kolu açıkça gözlenebilir. Normal bir

ayak izi (pedografi) longitudinal arku gösterir ve ayağın yük taşıma noktalarını, topuk, ayak tabanı lateral kenarı ve metatars başlarıncı oluşturulan ayak yumağını ortaya koyar. Medial longitudinal ark; kalkaneus, talus, naviküler, üç küneiform kemik ve üç metatarsal kemikten oluşur. Talus başı temeldir; medial longitudinal arkın tepesine yerleşmiştir ve vücut yükünün karşılayıcısıdır. Medial longitudinal ark, yük binince talus ile naviküler ve naviküler ile üç küneiform arasındaki eklemlerden hafifçe çöker ve yük kalkınca tekrar eski kurvatürünü kazanır. Longitudinal arkın lateral bölümü medial bölümden daha yassıdır ve ayakta durma sırasında yerle temas eder. Kalkaneus, küboid ve lateraldeki iki metatarsal kemikten oluşur.<sup>(7)</sup>



Şekil 1. Ayağın longitudinal arku. A: medial, B: lateral.

**Ayağın transvers arku:** Bu ark, ayağın bir yanından diğer yanına doğru uzanır. Küboid, üç küneiform ve metatarsal kemiklerin tabanlarından oluşur. Küneiform kemikler kama şeklindedir ve transvers arkın temelini oluştururlar. Longitudinal arkın medial ve lateral bölümleri, transvers ark için sütun vazifesi görür. Ayak tabanında oblik seyreden peroneus longus tendonu transvers arkın kurvatürünün korunmasına yardımcı olur. Kalkaneus ve naviküler arasında bir bağ gibi rol oynayan, güçlü fibrokartilajinöz bir bant olan kalkaneonaviküler (spring) bağ medial longitudinal arkın çökmesini önler.<sup>(7)</sup>

Çocuk ayak deformiteleri üç boyutlu düşünülmesi gereken kompleks deformitelerdir. Patolojik anatomiyi evrensel bir dille yorumlayabilmek için bazı terimlerin iyi bilinmesi gerekmektedir<sup>(8)</sup>:

- Plantar fleksiyon: transvers eksen etrafında

- yapılan, ayağın plantara doğru olan hareketidir.
- Dorsal fleksiyon (ekstansiyon): transvers eksen etrafında yapılan, ayağın dorsale doğru olan hareketidir.
- Eversiyon: bir tarsal kemiğin alt yüzünün, vücut lateral tarafına doğru dönme hareketidir. Sagittal eksen etrafında rotasyon hareketidir.
- İnversiyon: bir tarsal kemiğin alt yüzünün, vücut median tarafına doğru dönme hareketidir. Sagittal eksen etrafında rotasyon hareketidir.
- Adduktus: transvers düzlemde, ayağın distal kısmının vücut orta hattına yaklaşmasıdır.
- Abduktus: transvers düzlemde, ayağın distal kısmının vücut orta hattından uzaklaşmasıdır.
- Topuk varusu: kalkaneusun inversiyon ve adduksiyon hareketine verilen addır.
- Topuk valgusu: kalkaneusun eversiyon ve abduksiyon hareketine verilen addır.
- Supinasyon: ayağın adduksiyon-fleksiyon-inversiyon hareketlerinin bileşimidir.
- Pronasyon: ayağın abduksiyon-ekstansiyon-eversiyon hareketlerinin bileşimidir.
- Ön ayak supinasyonu: ayağın ön kısmının inversiyon ve abduksiyon hareketidir.
- Ön ayak pronasyonu: ayağın ön kısmının eversiyon ve abduksiyon hareketidir.
- Ekinus: plantar fleksiyon deformitesine verilen özel bir addır. Kalkaneus tibiayaya göre sabit plantar fleksiyondadır.
- Kavus: ayak longitudinal arkının yüksekliğinin artmasıdır. Yan grafide talusun uzun aksı birinci metatarsın aksına göre anormal şekilde dorsi-fleksiyondadır.
- Planus: ayak longitudinal arkının yüksekliğinin azalmasıdır. Yan grafide talusun uzun aksı birinci metatarsın aksına göre anormal şekilde plantar fleksiyondadır.
- Kalkaneus deformitesi: Kalkaneus tibiayaya göre anormal şekilde sabit dorsifleksiyondadır.

### Radyografi Tekniği:

Radyografiler, çekim tekniğinden yorumlanmasına kadar belirli bir standart içerisinde olmalıdır. Çocuk ayak deformitelerinin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan ayağın ön-arka ve yan radyografileridir. Radyografi alınırken dikkat edilmesi gereken hususlar<sup>(1,4,8-13)</sup>:

#### Ön-arka grafi (AP):

- Ayakta basarak çekilecek radyografilerde bacak

hem koronal hem de sagittal planda yere dik pozisyonda olmalıdır.

- Patella tam karşıyı göstermelidir.
- Radyografiler her bir ayak için ayrı kasetlere alınmalıdır.
- Grafi alınırken çocuğun topuğunu kasetten kaldırmaması veya ayağını invertte ya da evertte etmesi engellenmelidir.
- X-ışını tüpü vertikal eksen ile 30 derece açı yapacak şekilde ışınlar talus başına yönlendirilmelidir.
- X-ışını tüpü ayaktan yaklaşık 90 cm. uzaklıkta olmalıdır.

#### Yan grafi (LAT):

- Kruris, tibia ve fibulanın posterior korteksleri superpoze olacak şekilde yaklaşık olarak 10 derece iç rotasyonda olmalıdır. (Yan grafinin alınması sırasında bacağın iç rotasyon dışındaki pozisyonu önemli değildir.)
- Arka ayak, kasetle temas eder durumda ve ayak tabanı kasete dik olacak şekilde tutulmalıdır. (Bacak kasetle temas eder pozisyonda alınan grafilere ayak oblik pozisyonda olacaktır.)
- Ayakta basarak çekilecek radyografilerde bacak hem koronal hem de sagittal planda yere dik pozisyonda olmalıdır. Çarpık ayak gibi ayağın inversiyonda olduğu durumlarda yine bacak hem koronal hem de sagittal planda yere dik pozisyonda olmalı ve ayak mediali deformitenin izin verdiği ölçüde kasete değiştirilmeye çalışılmalıdır.
- Elde edilen bir grafinin gerçek bir yan grafi olup olmadığına kalkaneusun anatomik morfolojisine bakılarak karar verilmelidir.
- X-ışını tüpü kasete dik olmalı ve ışınlar talus başına yönlendirilmelidir.
- Radyografiler her bir ayak için ayrı kasetlere alınmalıdır.
- X-ışını tüpü ayaktan yaklaşık 90 cm. uzaklıkta olmalıdır.

Radyografik muayene, çocuk ayak deformitelerinin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılmasına rağmen aşağıdaki sebeplerden dolayı değerlendirilmesi ve ölçüm yapılması zorlaşır<sup>(1,4,8-13)</sup>;

- Deformitenin aşırı ve rijid olduğu durumlarda ayağa pozisyon vermek zordur,
- Ayak kemiklerinin kemikleşme çekirdekleri çoğu kıkırdak yapıda olduğu için gerçek şeklini göstermez,

- İlk bir yaş içinde sadece kalkaneus, talus ve metatarslar kemikleşmiştir,
- Rotasyon, ölçülen açılar yanlış yorumlanmasına ve talus kubbesinin düzleşmiş görünmesine yol açar,
- Radyografi çekilirken ayağın doğru konumda tutulmasındaki başarısızlık deformitenin radyografik olarak daha kötü görünmesine yol açar.

### Radyografi tekniğinin uygun olmadığını gösteren ipuçları<sup>(10)</sup>:

#### Ön-arka grafide (AP):

- Talus ve kalkaneusun distal uçlarının farklı seviyelerde olması: Eğer talus ve kalkaneus arasında longitudinal aksta 2-3 mm.den fazla bir seviye farkı varsa ya X-ışını tüpünün pozisyonu vertikal eksen ile 30 derece açı yapacak şekilde ayarlanmamıştır yada ayağın pozisyonu uygun olmayan bir şekilde plantar fleksiyondadır. X-ışını tüpünün açısı arttırıldıkça kalkaneus radyografik olarak talusa göre öne doğru kayar.
- Metatarsların aşırı bir şekilde üstüste binmesi: Ayağın inversiyonda olduğunu gösterir ve talokalkaneal açının yanlış bir şekilde düşük çıkmasına neden olur. Klinik korelasyonu gerekir.
- Tibia ve fibula kemiklerinin gövdesinin görünür olması: ekinus gibi dorsifleksiyonu engelleyen bir durumda yada ayağın uygun olmayan bir şekilde yeterince dorsifleksiyona alınmadığını gösterir. Normalde ayak AP grafide tibia ve fibula kemiklerinin gövdesinin görünmemesi gerekir. Ayak yeterince dorsifleksiyona alınmadığında talokalkaneal açının yanlış bir şekilde küçük çıkmasına neden olur.

#### Yan grafide (LAT):

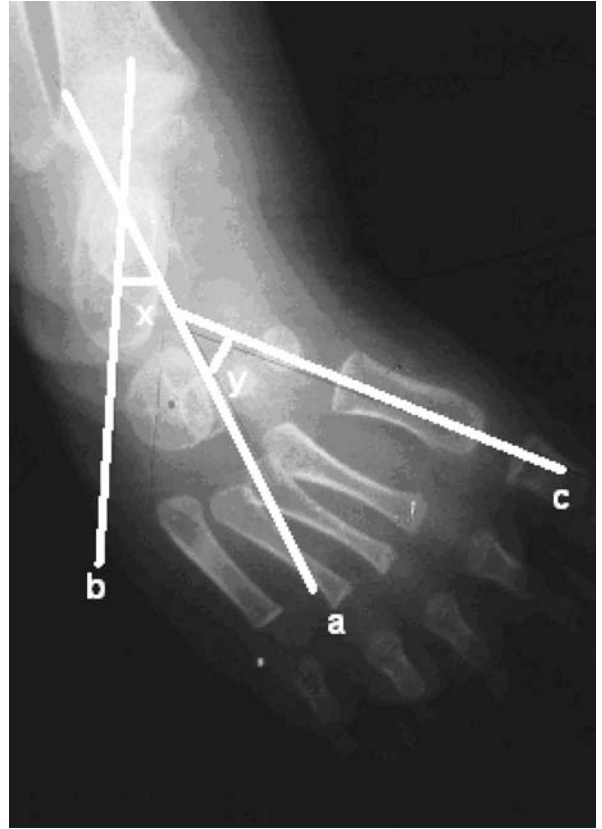
- Fibulanın tibiaya göre aşırı arka yerleşimde olması: Eğer arka ayak dış rotasyonda tutulursa talokalkaneal açının yanlış bir şekilde büyük çıkmasına neden olur. Bu görünüm, ayağın kaset üzerinde uygun olmayan konumuna yada ön yada orta ayağın aşırı medial deviasyonun bağlı olarak kasetin uygun yerleştirilmemesinden kaynaklanabilir.
- Metatarsların üstüste binmiş görünmemesi: Ayak inversiyonda tutulduğunda yada ön ayağın arka ayağa göre supinasyonda olduğu durumlarda ortaya çıkar. Klinik korelasyonu gerekir.
- Yetersiz ayak bileği dorsifleksiyonu: Uygun olmayan pozisyonlardan (plantar fleksiyon) yada

gerçek anlamda bir ekinus deformitesinden kaynaklanır. Ayak yeterince dorsifleksiyona alınmadığında talokalkaneal açının yanlış bir şekilde küçük çıkmasına neden olur. Klinik korelasyonu gerekir.

### Akslar:

#### Ön-arka grafilerde<sup>(4,9-13)</sup>:

- Talus aksı: ossifikasyon merkezinin ön ve arka orta noktalarını kesen çizgi. (Şekil 2)
- Kalkaneus aksı: ossifikasyon merkezinin ön ve arka orta noktalarını kesen çizgi. (Şekil 2)
- 1.metatars aksı: gövde üzerindeki orta noktaları birleştiren çizgi. (Şekil 2)



Şekil 2. Ön-arka planda talus (a), kalkaneus (b) ve 1.metatars (c) aksları. Ön-arka talokalkaneal (x), talus-1.metatars (y) açıları.

#### Yan grafilerde<sup>(4,9-13)</sup>:

- Talus aksı: ossifikasyon merkezinin ön ve arka orta noktalarını kesen çizgi. (Şekil 3)
- Kalkaneus aksı: 4-5 yaştan önce ossifikasyon merkezinin ön ve arka orta noktalarını kesen çizgi, 5-6 yaşından sonra kalkaneusun normal anatomik morfolojisi belirlemeye başladıktan sonra tabanından çizilen teğet çizgi. (Şekil 3)



Şekil 3. Lateral planda talus (a), kalkaneus (b), 1. metatars (c) ve tibia (d) aksları. Lateral talokalkaneal (x) ve talus-1. metatars (y) açıları.

- 1. metatars aksı: gövde üzerindeki orta noktaları birleştiren çizgi. (Şekil 3)
- Tibia aksı: gövde üzerindeki orta noktaları birleştiren çizgi (anatomik aks). (Şekil 3)

### Ayak deformitelerinin tanımlanmasında sık kullanılan açısal parametreler:

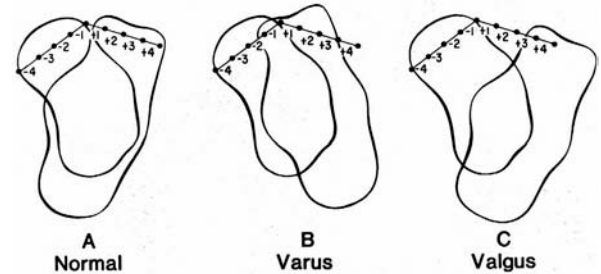
#### Ön-arka grafilerde (1,4,9-16):

**Talo-kalkaneal açı (Kite açısı):** Talusun uzun aksı ile kalkaneusun uzun aksı arasındaki açıdır. Bu açı, ayak arka kısmının dizilimini gösterir. Ayak arkasının varus açılanması ile azalır ve valgus açılanması ile artar. Bu açının normal değeri çeşitli yazarlar tarafından farklı kabul edilmekle beraber İrani, Ponseti ve Turco 20°-35° arasını, Simons ise 20°-40° arasını normal kabul eder.<sup>(13)</sup> Vanderwilde'e göre bu açının ortalama değeri beş yaş ve altı çocuklarda 25-56 derecedir ve artan yaşla birlikte bu açıda bir azalma görülür. 20 derecenin altındaki açı değerleri arka ayak varusunu gösterir.<sup>(4)</sup>(Şekil 2)

**Talus-1. metatars açısı:** Talusun uzun aksı ile birinci metatarsın uzun aksı arasındaki açıdır. Bu açı, ayak ön kısmının ayak arka kısmına göre olan dizilimini gösterir. 1955'te Davis ve Hatt normal bir ayakta mid-talar ve mid-kalkaneal çizgilerin sırasıyla 1. ve 5. metatarslar ile aynı aksta olduğunu belirtmiştir. Talus-1. metatars açısı üzerinde ilk radyografik çalışmayı yapan Simons'tır. Yaşları 0-4 arasında değişen 44 normal çocuk ayağı üzerinde yaptığı çalışmada normal değerleri [-20]-0 derece olarak rapor etmiştir. Diğer bazı araştırmacılar da normal değer olarak [-20]-[15] bu açıyı derece olarak bildirmişlerdir.<sup>(13)</sup> Bu açının (+) değerleri ön ayak adduktusu, (-) değerleri ise ön ayak abduktusu lehinedir. Normalde talusun uzun aksı ile 1. metatarsın uzun aksı aynı çizgi üzerinde olmalıdır. (Şekil 2)

**Talokalkaneal indeks:** Bu indeks, ilk olarak Beatson ve Pearson tarafından tanımlanmış olup ön-arka ve lateral talokalkaneal açıların toplamıdır.<sup>(9)</sup> 200 ayaklık bir çalışmada normal dağılımı 40-85 derece olarak bildirmişlerdir. Vanderwilde'in serisinde ise bu dağılım 45-103 derece olarak bildirilmiştir.<sup>(4)</sup> Talo-kalkaneal indekste yaşa bağlı azalma görülür. Bu indeks, ayak arkası varus ve adduksiyonunu değerlendirmenin alternatif bir yoludur.<sup>(4)</sup> Beatson ve Pearson'a göre çarpık bir ayakta eğer talokalkaneal indeks 40 dereceden küçükse talokalkaneonaviküler eklem redükte edilememiş demektir.<sup>(9)</sup>

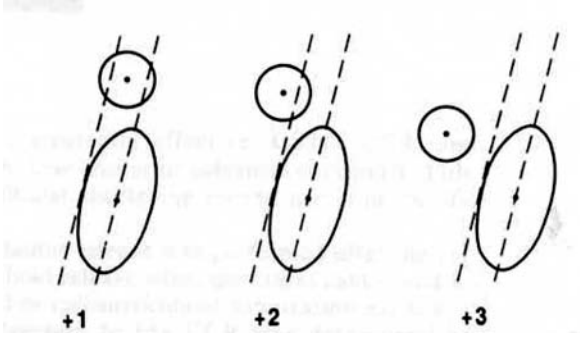
**Talokalkaneal diverjans:** Talus başı genişliğinin 4 eşit parçaya bölünerek talus ve kalkaneus arasındaki üst üste binme derecesinin değerlendirilmesidir. Üst üste binme "0" ise normal, -2 veya daha fazla üstüste binme ayak arkası varusunu, +2'den fazla ayrışma da ayak arkası valgusunu gösterir. (Şekil 4)



Şekil 4. Ön-arka talokalkaneal diverjans.

**Kalkaneoküboid ilişki:** Özellikle çarpık ayak olgularının bir kısmında kalkaneoküboid eklem ilişkisi bozuktur. Deformite, kalkaneoküboid eklem mediale açılanması ve küboidin kalkaneus üzerinden mediale subluksasyonu sonucu oluşur. Orta ve şiddetli deformitelerde yetersiz tedavi, ayak önü adduktusu ve ayak arkası rotatuvar valgusu ile sonuçlanır. Simons tarafından geliştirilen sınıflama sistemi en yaygın kabul gören sınıflamadır<sup>(15)</sup>:(Şekil 5)

- **Grade 0 (normal):** Küboidin ossifikasyon merkezi, kalkaneusun uzun aksının üzerinde yer alır, kalkaneoküboid ilişkide bozukluk yoktur.
- **Grade 1 (hafif):** Küboidin ossifikasyon merkezi, kalkaneusun uzun aksı ile medialinden geçen ve buna paralel olan medial tanjantının arasında yer alır.
- **Grade 2 (orta):** Küboidin ossifikasyon merkezi,



Şekil 5. Kalkaneoküboid ilişkisi.

kalkaneusun uzun aksı ile medialinden geçen ve buna paralel olan medial tanjantının daha medialinde yer alır.

- **Grade 3 (şiddetli):** Küboidin ossifikasyon merkezi, kalkaneusun ossifikasyon merkezinin hemen yanında veya daha proksimalinde yer alır.

**Talo-naviküler örtünme açısı:** Naviküler normalde talus başının tam karşısında durur ve iç içe geçer tarzında bir eklemlenme gösterir. Navikülerin ossifikasyonunun geç olması (genellikle 3-5 yaş), çocuk ayak deformitelerinde cerrahinin sık olarak uygulandığı 3 yaş altı çocuklarda radyografik olarak bu ilişkiyi gerçek anlamda değerlendirmeyi güçleştirmektedir. MRI nonossifiye navikülerin pozisyonunun tanımlanmasına yardımcıdır ancak pratik değildir.

Navikülerin ossifikasyonu lateralden başlayıp mediale doğrudur. Bundan dolayı talonaviküler örtünme açısı talonaviküler eklemin normal anatomik morfolojisi belirlemeye başladıktan sonra (8-9 yaş) kullanılabilir. Talus başının eklem yüzünün medial ve lateral köşelerini birleştiren çizgi ile navikülerin eklem yüzünün medial ve lateral köşelerini birleştiren çizgilere çizilen dikey çizgiler arasındaki açıdır. Normal değeri [-20]-0 derecedir. Bu açının (+) değerleri talonaviküler medial sublüksasyonda görülür ve ön ayak klinik olarak adduksiyondadır, (-) değerleri ise talonaviküler lateral sublüksasyonda görülür ve ön ayak klinik olarak abduksiyondadır. (Şekil 6)

#### **Yan grafilerde (1,4,9-11,13,14,16):**

**Talokalkaneal açı:** Talusun uzun aksı ile kalkaneusun uzun aksı (4-5 yaştan önce ossifikasyon merkezinin ön ve arka orta noktalarını kesen çizgi, 5-6 yaşından sonra kalkaneusun normal anatomik morfolojisi belirlemeye başladıktan sonra tabanından



Şekil 6. Ön-arka talo-naviküler örtünme açısı.

çizilen teğet çizgi) arasındaki açıdır. Bu açı, ayağın arka kısmının dizilimini gösterir ve normal değeri 35-50 derecedir.(4) Turco ve Thompson sınırı 25-50 derece, Davis ve Hatt ise 20-40 derece arasını normal kabul ederler.(4,12,13) Normal bir ayakta zorlamalı dorsifleksiyonda lateral talokalkaneal açı artar, buna karşılık çarpık ayakta talus hafifçe dorsifleksiyona giderken kalkaneus gergin aşil tendonunun çekme etkisiyle ekinusa gider ve açı küçülür. Bu açı aynı zamanda ayak arka kısmının varus açılanmasında ve ekinusta küçülür, valgus angulasyonu ve kalkaneus deformitesinde artar. 35 derecenin altındaki değerler arka ayak ekinusunu gösterir. Özellikle çarpık ayak cerrahisinde ameliyat sonrası bu açının normal değerinin altında olması Turco'ya göre subtalar gevşetmenin yetersizliğini gösterir.(12,13) (Şekil 3)

**Talus-1.metatars açısı (Meary açısı):** Talusun uzun aksı ile birinci metatarsın uzun aksı arasındaki açıdır. Bu açı, ayak ön kısmının ayak arka kısmına göre olan dizilimini gösterir. Ayak önü ekinusunun derecesini belirler. Normalde talusun uzun aksı ile 1.metatarsın uzun aksı aynı çizgi üzerinde olmalıdır. Kavus deformitesinde bu açı deformitenin şiddet derecesi ile orantılı olarak yüksek negatif, buna karşın planus deformitesinin varlığında yüksek pozitif değerler gösterir. Bu açı aynı zamanda bazı

yazarlar tarafından navikülerin ossifiye olmadığı durumlarda AP talus-1.metatars açısı ile birlikte talonaviküler eklemin redüksiyonunu izafi olarak değerlendirilmede de kullanılmaktadır.<sup>(1)</sup> (Şekil 3)

**Tibiotalar açısı:** Tibianın anatomik aksı ile talusun uzun aksı arasındaki açıdır. Plantigrade bir ayakta talusun pozisyonunu gösteren bir açıdır. Pratikte bacağın yer planına dik olduğu kabul edilir. Bundan dolayı yan bir grafi üzerinde yer planına dik çizilen bir çizgi ile talus'un uzun aksı arasında kalan açıyı ölçmek daha doğru bir sonuç verecektir. Ortalama değeri Vanderwilde'in çalışmasında 110° olarak verilmiştir.<sup>(4)</sup> Bu açı aynı zamanda ayak bileği hareketinin radyografik ölçümü için kullanılabilir. Tibiotalar açının dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon değerleri arasındaki fark ayak bileği hareket açıklığını verir. Dorsifleksiyonda ortalama değeri 70-100 derece, plantar fleksiyonda ise 120-180 derece olarak verilmektedir. Yeterli bir ayak bileği hareketi için bu açının plantar fleksiyon-dorsifleksiyon farkının en az 25 derece olması gerekir.<sup>(1)</sup> (Şekil 7)



Şekil 7. Lateral tibiokalkaneal (x), tibiotalar (y) ve talohorizontal (z) açıları.

**Tibiokalkaneal açısı:** Tibianın anatomik aksı ile kalkaneusun uzun aksı arasındaki açıdır. Bu açı, ayak arkasının plantar fleksiyonu yada ekinusta artar, dorsifleksiyon yada kalkaneus deformitesinde azalır. Ortalama değeri 55-95 derece olarak kabul edilir. Maksimum dorsifleksiyonda 25-60 derece arasındadır. Yaşla birlikte hafif bir azalma göstermesine rağmen sonradan düz bir plato çizer. (Şekil 7)

**Talo-horizontal açısı:** Talusun uzun aksının horizontal plan (yer planı) ile yaptığı açıdır. Talusun deklinasyonunu gösterir. Talus, infantlarda ve küçük çocuklarda daha vertikal bir yerleşim gösterir. Infantlarda yaklaşık 35 derece olan bu açı 9-10 yaşlarında 25 dereceye kadar azalır. (Şekil 7)

**Talo-naviküler örtünme açısı:** Normalde lateral planda talusun uzun aksı navikülerin ossifikasyon merkezinin ortasından geçer ve 1.metatarsın uzun aksı ile aynı düzlemedir. Yukarıda da belirtildiği gibi talonaviküler örtünme açısı talonaviküler eklemin normal anatomik morfolojisi belirlemeye başladıktan sonra (8-9 yaş) kullanılabilir. Talus başının eklem yüzünün superior ve inferior köşelerini birleştiren çizgi ile navikülerin eklem yüzünün superior ve inferior köşelerini birleştiren çizgilere çizilen dikey çizgiler arasındaki açıdır. Bu açının (+) değerleri talonaviküler dorsal subluksasyondan kaynaklanan planus deformitesi, (-) değerleri ise talonaviküler plantar subluksasyondan kaynaklanan kavus deformitesi lehinedir. (Şekil 8)



Şekil 8. Lateral talo-naviküler örtünme açısı.

**Kalkaneal inklinasyon açısı:** Kalkaneus cisminin alt korteksi boyunca çizilen bir çizgi ile kalkaneus en alt noktasından 5.metatars başı en alt noktasına çizilen çizgi arasında kalan açıdır. Kalkaneusun horizontal plana göre olan inklinasyonunu verir. Normal değeri 21-29 derecedir. Ekinusta azalır, kalkaneus deformitesinde artar.<sup>(11)</sup> (Şekil 9)



Şekil 9. Kalkaneal inklinasyon (a) ve medial longitudinal ark (b) açıları.

**Medial longitudinal ark açısı:** Ayakta basarak yan grafide, talus başının en alt noktasından 1.metatars başının en alt noktasına çizilen çizgi ile yine talus başının en alt noktasından kalkaneusun en alt noktasına çizilen çizgi arasında kalan açıdır.

Ayak medial arkının değerlendirilmesinde kullanılır. Normal değeri 121.5-132.5 derecedir. Literatürde ayak longitudinal arkını yan grafi üzerinde kalkaneus cisminin inferior korteksi boyunca çizilen çizginin birinci metatars aksı ile yaptığı açı olarak değerlendirilen yazarlar da bulunmaktadır (Hibb açısı) (Normal 135-170 derece). Bu açı değeri planusta artar, kavusta azalır.<sup>(11)</sup> (Şekil 9)

### Çocukluk çağında sık görülen ayak deformiteleri ve radyografik özellikleri:

#### *Metatarsus adduktus ve skewfoot:*

Metatarsus adduktus ve skewfoot iki farklı deformitedir. Metatarsus adduktus yenidoğan döneminin en sık görülen deformitesi olup ön ayağın arka ayağa göre medial deviyasyonu (artmış talus 1.metatars açısı) ile karakterizedir. Skewfoot ise ön ayağın arka ayağa göre medial deviyasyonu (artmış yada normal talus-1.metatars açısı) yanısıra orta ayağın lateral translasyonu (lateral talonaviküler subluksasyon) ve arka ayağın valgusu (artmış ön-arka talokalkaneal açı) ile karakterize daha kompleks, multiplanar bir deformitedir. Özellikle yenidoğan döneminde naviküler ve medial küneiformun ossifikasyonu henüz gerçekleşmediği için bu iki deformitenin radyografik olarak ayırt edilmesi güçtür. Ayrıca yenidoğan döneminde ayaktaki ciltaltı yağ dokunun fazlalığı arka ayak valgusunu örtmekte ve ayırımı klinik olarak da güçleştirmektedir. Her iki deformite de ön ayağın tarsometatarsal eklemlerden supinasyon ve medial subluksasyonu ile karakterizedir. Orta ayaktaki bulgular metatarsus adduktusu skewfoottan ayırt etmede yardımcıdır. Klinik ayırım daha güvenilirdir ve dikkatli bir palpasyonla, metatarsus adduktusta birinci metatarsın proksimal kısmının talus başıyla olan uyumunun normal olduğu, buna karşın skewfootta birinci sıranın talusun uzun aksına göre laterale yer değiştirmiş olduğu görülür.<sup>(2,3,17-24)</sup>

Skewfootta patolojinin ana bileşenlerinden biri lateral talonaviküler subluksasyondur. Bu aynı zamanda deformitenin derecesini de belirler. Normalde talus ve 1.metatars aynı aks üzerindedir, ancak skewfootta bu lateral talonaviküler subluksasyondan dolayı 1.metatarsın aksı talusun uzun aksına göre dışa kaymıştır. Dolayısıyla tek başına talus-1.metatars açısının normal olması bir ayakta deformite olmadığı anlamına gelmez.<sup>(24)</sup> (Şekil 10)



**Şekil 10.** Skewfoot. Birinci metatars aksının talus uzun aksına göre olan lateral translasyonuna dikkat ediniz.

#### **Clubfoot:**

Yenidoğan ve erken bebeklik döneminde clubfoot deformitesinin tanı ve tedavisinde radyografinin rolü üzerinde ortak bir düşünce oluşmamıştır. Bu dönemde tanı, manipulasyon ve alçı tedavisine yanıt klinik olarak değerlendirilmelidir. Miadında doğan bir yenidoğanın ayağında sadece kalkaneus, talus ve küboidin ossifikasyon merkezlerinin yuvarlak birer çekirdek olarak görülmeleri ve henüz normal anatomik yapılarını kazanmamış olmaları, ayrıca çarpık ayak deformitesinde bu kemiklerin ossifikasyonundaki gecikme radyografik değerlendirmeyi güçleştirir. İlk radyografiler seri alçılama tedavisine yanıtı değerlendirmek için 2-3 aylık iken alınmalıdır.<sup>(8-10,12-14,18-21)</sup>

İleri dönemlerde, özellikle cerrahi tedavinin planlanmasında radyografik değerlendirme önemlidir. Radyografiler, teknik olarak yukarıda belirtilen kriterlere dikkat edilerek ve ayak en düzgün konumda tutularak alınmalıdır. Ön-arka ayak grafisinde talokalkaneal açı, talus-1.metatars açısı ve kalkaneoküboid ilişki değerlendirilebilir. Talokalkaneal açı, topuk varusuna bağlı olarak azalmıştır. Talus-1.metatars açısı ön ayak adduksiyonuna bağlı (+) yönde artmıştır. Bu açılardaki artma yada azalma



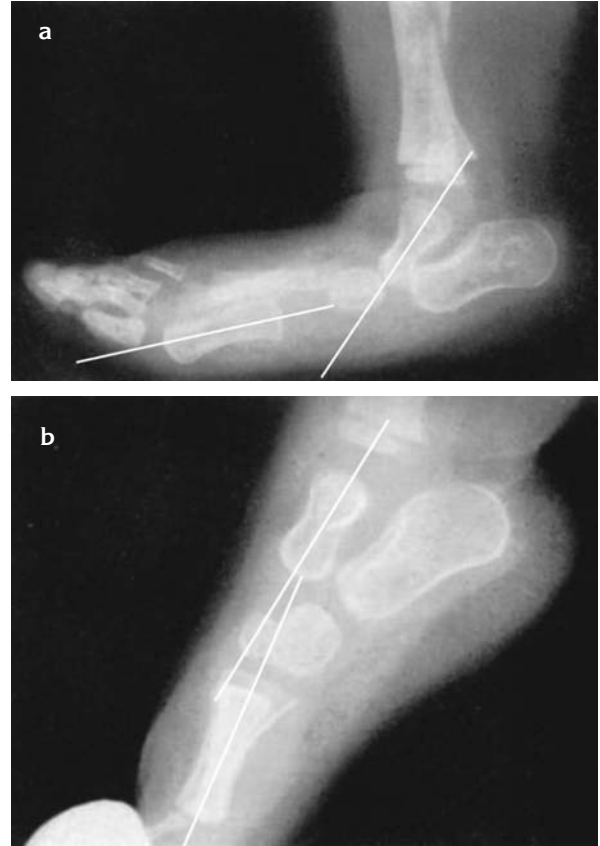
deformitenin şiddet derecesi ile doğru orantılıdır. Küboidde deformitenin şiddet derecesi ile doğru orantılı olarak içe kaymıştır. Yan grafide ise, talokalkaneal açı, talus-1.metatars açısı ve tibiokalkaneal açı değerlendirilebilir. Talokalkaneal açı azalmış, talus ve kalkaneusun uzun eksenleri hemen hemen paralel olmuştur. Kalkaneus, talusun uzun aksına göre plantar fleksiyondadır. Tibiokalkaneal açı arka ayağın ekinus derecesi ile orantılı olarak artmıştır. Tibiokalkaneal açı değerlendirilirken grafinin zorlamalı dorsifleksiyonda alındığına dikkat edilmelidir. Navikülerin 3-4 yaşından önce ossifiye olmaması ve bu dönemden sonra da ossifikasyonunun lateralden başlayıp eksantrik bir şekilde gelişmesi 7-8 yaşlarına kadar talonaviküler ilişkiyi doğrudan değerlendirmeyi olanaksız kılar. Çarpık ayak deformitesinde naviküler talus başına göre mediale ve plantara deviyedir. Bu dönemde talonaviküler ilişki ancak talus ve 1.metatars aksları üzerinden izafi olarak değerlendirilebilir.<sup>(8-10,12-14,18-21)</sup>

Radyografi aynı zamanda çarpık ayak deformitesinin cerrahi tedavisinde intraoperatif olarak düzelmeyi değerlendirmede de kullanılabilir.<sup>(10)</sup>

#### **Konjenital vertikal talus ve oblik talus:**

Konjenital vertikal talusun radyografik değerlendirmesi ayağın AP, nötral pozisyonda yan, zorlamalı dorsifleksiyonda yan ve zorlamalı plantar fleksiyonda yan grafiler üzerinden yapılır. Gerek oblik talus gerekse vertikal talus deformitesinde talus ayakta basar pozisyonda iken normalden daha vertikal yerleşimlidir ve bu nötral pozisyonda yan grafi ile doğrulanabilir (artmış talotibial yada talohorizontal açı). Zorlamalı dorsifleksiyon yan grafide arka ayak ekinusu görülür ve artmış tibiokalkaneal açı ile kendini gösterir. Her iki deformitede de şiddeti değişken olmakla beraber naviküler talus başına göre dorsale ve laterale subluksedir. Bu iki ayrı patolojinin ayrımı genellikle klinik olarak yapılabilir. Ancak, özellikle ağır ve elastik olmayan taban çökmesi olgularının radyografik olarak vertikal talustan ayrımı için altın standart zorlamalı plantar fleksiyonda yan grafidir. Zorlamalı plantar fleksiyon yan grafide talonaviküler redüksiyonun sağlandığının görülmesi oblik talus lehinedir. (Şekil 11) Vertikal talus ise talokalkaneonaviküler eklemin teratolojik dorsolateral dislokasyonudur ve zorlamalı plantar fleksiyonda talonaviküler redüksiyon elde edilemez. (Şekil 12) Navikülerin radyografik olarak

henüz ossifiye olmadığı dönemde talonaviküler redüksiyon klinik korelasyonla birlikte ancak talus ve 1.metatars aksları üzerinden izafi olarak değerlendirilebilir (normalde talus ve 1.metatars aynı aks üzerindedir). Ayrıca, vertikal talusun şiddetli formlarında küboidin kalkaneusa göre dorsale sublukse olduğu görülebilir.<sup>(22,24,25)</sup>



Şekil 11. Oblik talus (a). Maksimum plantar fleksiyonda talonaviküler eklemin redükte olduğuna dikkat ediniz (b).

#### **Tarsal koalisyon:**

Tarsal koalisyon (TK), iki yada daha fazla tarsal kemiğin anormal şekilde füzyonudur. Olguların yaklaşık yüzde 50'si iki taraflıdır ve füzyon kartilajinöz (sinkondrozis), fibröz (sindezmozis) yada osseöz (sinostozis) şekilde olabilir. Koalisyonların yüzde 90'ı ya kalkaneonaviküler yada talokalkaneal koalisyon (en sık orta faset tutulumu) şeklindedir.<sup>(10,14,18-20)</sup> Tarsal koalisyonun ilk radyografik değerlendirmesi ayağın ön-arka, yan, oblik grafileri ile birlikte arka ayağın aksiyel grafisi üzerinden yapılmalıdır. Deformitenin iki taraflı olma olasılığının yüksek olması nedeniyle bulgular tek taraflı olsa bile her iki ayak birlikte değerlendirilmelidir. Yan grafi ve arka



Şekil 12. Konjenital vertikal talus (a). Maksimum plantar fleksiyonda talonaviküler eklemin redükte olmadığına dikkat ediniz (b).

ayağın aksiyel grafisi talokalkaneal koalisyonun görülmesinde yardımcıdır. Kalkaneonaviküler koalisyon ise, eğer naviküler ossifiye olmaya başladıysa en iyi şekilde oblik grafide gösterilebilir. Talonaviküler eklemdaki aşırı kompensatuar hareketin olası bir göstergesi olarak yan grafide dorsal talar gagalaşma görülebilir. Radyografilerde ayrıca, taban çökmesi, talokalkaneal ekleme mesafesinde daralma, "anteater" bulgusu (kalkaneonaviküler koalisyon) ve C bulgusu (ayakta basarak alınan bir lateral grafide talus kubbesinin medial tarafı ile sustentakulum tali arasında kemik köprüleşme) görülebilir. C bulgusu talokalkaneal koalisyon için patognomonik değildir, ayrıca posterior faset koalisyonlarında görülmez. C bulgusu taban çökmesi olgularının yüzde 33'ünde görülebilir. Dolayısıyla C bulgusu bozuk talokalkaneal dizilimle ilişkilidir ve mutlaka bir patolojik durumu göstermez. Subtalar koalisyonlar düz radyografilerle çok iyi lokalize edilemez. Bunu değerlendirmenin en iyi yolu ayak 20 derece plantar fleksiyonda iken alınan bilgisayarlı tomografidir. Fibröz koalisyondan şüphelenildiğinde ise istenecek tetkik manyetik rezonans (MR) görüntülemidir. <sup>(10,18-20)</sup>

Konvansiyonel radyografik görüntüleme yöntemlerine ek olarak son yıllarda çocuk ayak defor-

mitelerinin patolojik anatomisini daha iyi anlayabilmek için infantlarda manyetik rezonans görüntüleme, ultrasonografi ve üç boyutlu bilgisayarlı tomografi de kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin çok özel bir endikasyonu olmadıkça pratik kullanımını sınırlıdır.

Yazışma Adresi: Dr. Ahmet Doğan  
İncirli cad. No:34/3 Çamlı apt.  
34144 Bakırköy, İstanbul.  
E-posta: orthopaedy@hotmail.com

#### Kaynaklar

1. Jon R.Davids, T. Whitney Gibson, Linda I. Pugh. Quantitative Segmental Analysis of Weight-Bearing Radiographs of the Foot and Ankle for Children. *J Pediatr Orthop* 2005;6:769-776.
2. Cook, DA., Breed AL., Cook T., DeSmet AD., Muehle CM. Observer Variability in the Radiographic Measurement and Classification of Metatarsus Adductus. *J Pediatr Orthop* 1992;12:86-89.
3. Tarraf YN., Carroll NC. Analysis of the components of residual deformity in clubfeet presenting for reoperation. *J Pediatr Orthop* 1992;12:207-216.
4. Vanderwilde R, Staheli LT, Chew DE and Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. *J Bone Joint Surg [Am]* 1988;70:407-15.
5. Lynn T. Staheli, *Pediatric Ortopedinin Temelleri*, Çeviri: Gazi Zorer, Nobel Tıp Kitabevi, 1998, Bölüm 5, p.5.1-5.22.
6. Lynn T. Staheli, *Pediatric Ortopedi*, Çeviri: Selim Yalçın. Avrupa Tıp Kitapçılık. 2005, Bölüm 5. s.89-114.
7. Keith L.Moore. The Lower Limb. In: *Clinically Oriented Anatomy*, Third Edition. Williams&Wilkins, Baltimore, 1992, p.437-472.
8. Ignacio V.Ponseti. Radiographic study of treated clubfeet. In: *Congenital Clubfoot Fundamentals of Treatment*. Oxford University Press, New York, 1996, p.125-133.
9. Beatson, T.R., Pearson, J.R., A Method of Assessing Correction in Club Feet. *J Bone Joint Surg [Br]* 1966;48:40-50.
10. Mark A. Katz, Richard S. Davidson, Peter S.H. Chan, R.J. Sullivan. Plain Radiographic Evaluation of the Pediatric Foot and Its Deformities. (*J.P.O.J. (University of Pennsylvania Orthopaedic Journal)* 1997;10:30-39.
11. Robert N.Hensinger. Foot. In: *Standarts in Pediatric Orthopedics*. Raven Press, New York, 1986, p.256-282.
12. Ponseti, IV., El-Khoury, GY., Ippolito, E., Weinstein, SL. A Radiographic Study of Skeletal Deformities in Treated Clubfeet. *Clin Orthop*. 1981;160: 30-42.
13. Simons, GW. Analytical Radiography and the Progressive Approach in Talipes Equinovarus. *Orthopedic Clinics of North America* 1978;9:187-206.
14. Jose A.Herrera-Soto. Pediatric foot and ankle disorders. *Curr Opin Orthop* 2004;15:417-22.
15. Simons, GW, M.D. Calcaneocuboid Joint Deformity in Talipes Equinovarus: An Overview and Update. *J Pediatr Orthop* 1995;4:25-35.
16. Aronson, J., Puscarich, C.L., Deformity and disability from treated clubfoot. *J Pediatr Orthop* 1990;10:109-114.

17. Jose F.Jackson, Stephen J.Stricker. Pediatric Foot Notes: A Review of Common Congenital Foot Deformities. *International Pediatrics* 2003;18:133-40.
18. James R. Kasser. The Foot. In: Lovell and Winter's Pediatric Orthopaedics, Volume II, Lippicott Williams&Wilkins, Philadelphia, Sixth Edition, 2006, s.1257-1329.
19. Charles T.Mehlman, Marcia A.Shepherd. Pediatric foot deformities: advances in evaluation and management. *Curr Opin Orthop* 2002;13:401-7.
20. Aaron A.Buerk, Michael C.Albert. Advances in pediatric foot and ankle treatment. *Curr Opin Orthop* 2001;12:437-42.
21. R.Jay Cummings, Richard S.Davidson, Peter F.Armstrong, Wallace B.Lehman. Congenital Clubfoot. *J Bone Joint Surg [Am]* 2002;84:290-308.
22. Mosca VS. The child's foot: principles of management. *J Pediatr Orthop* 1998;18:281-2.
23. Simons GW. A standardized method for the radiographic evaluation of clubfeet. *Clin Orthop.* 1978;135:107-118.
24. Mosca VS. Flexible flatfoot and skewfoot. *AAOS Instr Course Lect.* 1996;45:347-354.
25. Zorer G, Bagatur AE, Dogan A. Single stage surgical correction of congenital vertical talus by complete subtalar release and peritalar reduction by using the Cincinnati incision. *J Pediatr Orthop* 2002;11:60-67.