

**AYAK- AYAK BİLEĞİ
MEKANİĞİ
VE
PATOMEKANİĞİ**

FZT. SEHER EROL ÇELİK

- Ayak, alt ekstremitenin biyomekanik fonksiyonunda önemli rol oynayan, kemik, eklem ve yumuşak dokudan oluşan çok eklemlili kompleks bir mekanik yapıdır.
- Hem intrinsik hem de ekstrinsik kaslarla kontrol edilir.
- Ayak, ayakta durma sırasında denge ve destek sağlayan; yürüme boyunca vücudu stabilize eden, dış yüzeyde görev yapan tek vücut parçasıdır.
- Ayağın ana görevi yer ile bacak arasındaki yük iletimini sağlamaktır

- Ayak insan vücudunun tüm ağırlığını taşıyan ve bu nedenle iskeletin en önemli ve en karmaşık bölümüdür.
- İnsan iskeletinin yaklaşık %25'i ayaktadır.
- Ayak yürüme ve koşma esnasında hem mobil adaptasyon hem de rijit bir kaldıraç kolu gibi görev yapar.*
- Birçok kemik ve eklemden oluşur → esneklik sağlar.*

AYAĞIN FONKSİYONLARI

- **Ayak;**

1. Şokların absorpsiyonu
2. Proprioepsion
3. Ağırlık taşıma-stabilite
4. Zemine pronasyon ve supinasyon ile uyum yaparak enerji tüketimini kontrol etme
5. Yürüyüş sırasında (stance faz sonunda) propulsion amacı ile rijid bir kaldıraç oluşturma gibi görevler üstlenir.
6. Ayağın bu görevleri kapalı bir kinetik halkada gerçekleşir.

AYAĞA AĞIRLIK DAĞILIMI

- Ayağa ağırlık binmediği zaman; 3 noktadan yerle temas eder → kalkaneusun tüberkülü,
1.ve 5. metatars başları
- Ayağa binen ağırlığın → %60'ı topukta,
→ %40'ı metatars başlarında
- Önde; 1/3'ü → 1. metatars başı alır.
2/3'ü → diğer metatars başları arasında dağılır.

AYAK BİLEĞİ EKLEMİ (TALOCRURAL)

- Tibia ve fibulanın distal uçları - talusun trokleası arasında
- Tibiotalar, fibulotalar ve distal tibiofibular olmak üzere 3 eklemden meydana gelir.
- Fonksiyonel açıdan menteşe tipi eklemdir ve frontal ekseninde ayak bileği ekleminde plantar ve dorsi fleksiyon meydana gelir
- Tek eksenlidir.
- *Ginglimus* tipi bir eklemdir.

AYAK BİLEĞİNİN BAĞLARI (ART. TALOCRURALIS)

Deltoid Ligament:

- Üçgen şeklinde kuvvetli bir bağdır.
- Medial malleol → calcaneus ve navikula
- Hem tibiotalar hem subtalar eklem hareketlerini kontrol eder.
- Pronasyonda gerilir.
- Bu bağın kısımları;
 - Pars tibio-navicularis (ön lifler)
 - Pars tibio-calcanea (orta lifler)
 - Pars tibi-talaris anterior
 - Pars tibio-talaris posterior

(arka lifler)

AYAK EKLEMLERİ

- Çeşitleri:

SUBTALAR EKLEM (TALOKALKANEAL)

- Talus + kalkaneus arasında
- **Plana tipi** bir eklemdir.
- Talokalkaneal ligament tarafından desteklenir.
- Eklem kapsülünü de medial ve lateral talokalkaneal ligamentler destekler
- Ön, orta ve arka olmak üzere üç yüzü vardır.
- Çok sıkı bir kapsülü vardır.

MİDTARSAL (CHOPART) EKLEMİ:

- Transverstarsal eklem
- Talonavicular ve calcaneocuboid eklemlerden mg
- İki eksenli (oblik ve longitudinal) bir eklemdir.
- DF, PF, inversiyon, eversiyon, adduksiyon, abduksiyon
- Supinasyon ve pronasyon hareketlerine yardımcı olur.

- **ÖN AYAK**

- 5 metatars ve 14 falankstan toplam 19 kemikten oluşur. Metatars ve falanks kemikleri arasında metatarsofalangeal eklemler ve falankslar arasında da interfalangeal eklemler vardır. Ekl m kollateral ligament, plantaris ve transversum profundus kasları tarafından desteklenir.

- **Ön Ayak Eklemleri**

- Eklemleri oluşturan kemikler: Metatarsal ve falankslardır.
- Metatarsal ve falankslar arasındaki eklemler;
 1. Tarsometatarsal
 2. Intermetatarsal
 3. Metatarsofalangeal
 4. İnterfalangeal

- Metatarların tabanı kama şekillidir ve **transvers arki** oluşturur.
- Transmetatarsal eklemin hareketleri arkin şeklini değiştirir;
 - 1.metatarsal fleksiyon ve abduksiyon-
 - 5.metatarsal ise fleksiyon ve adduksiyon yaptığında ark derinleşir,

 - 1.metatarsal ekstansiyon ve adduksiyon-
 - 5. metatarsal ise ekstansiyon ve abduksiyon yaptığında ark düzleşir.

Tarsometatarsal Eklem (Lisfrank):

- Medialde → 3 cuneiform - ilk 3 metatarsla,
- Lateralde → cuboid - 4. ve 5. metatarsla eklenir.

- Bu eklem hareketleri bağlarla sınırlandırılmıştır.
- Stabilite temini açısından önemlidir.
- Plana tipi bir eklemdir.

- Fleksiyon-ekstansiyonu → inversiyon ve eversiyonuna katkıda bulunur.
- En fazla hareket 1.metatars ve 1.cuneiform → ağırlık taşıma ve propulsiyon
- En az hareket ise 2.metatars ve cuneiform → plantar arkın en yüksek yerini oluşturur ve ayağın uzun ekseninin devamlılığı açısından önem taşır.

- **Tarsometatarsal eklemin bağları**
 1. LigTarsometatarsalia dorsale
 2. LigTarsometatarsalia plantaria
 3. Lig Cuneometatarsalia interossea

Metatarsofalangeal Eklemler

- Metatars başları - proksimal falankslar
- 3 düzlemde harekete izin verir
- Aktif DF 50-60°
- Aktif PF 30-40°
- **Metatarsofalangeal eklemlerin bağları**
 1. Capsula articularis
 2. Lig Plantaria
 3. Lig Metatarsale transversum profundum
 4. Lig Colateralis

İnterfalangeal Eklemler:

- Menteşe eklemlerdir,
- Fleksiyon ve ekstansiyon
- PİF eklemleri normalde hiperekstansiyon yapmaz ve plantar fleksiyon yaklaşık 50 derece ile sınırlıdır.
- DİF eklemler 0-30° dorsifleksiyon ve 40-50° plantar fleksiyona izin verir.

Bağları

- Capsula articularis
- Lig Collateralia
- Lig plantaria

AYAĞIN ARKLARI VE FONKSİYONEL ANATOMİSİ

- Ayak kemikleri, vücut ağırlığını desteklemede şok emici ve hareket sırasında salınımı sağlayacak şekilde longitudinal ve transvers olarak dizilmiştir.
- Ayağın tasarımı, ayağı yüzey ve ağırlık değişikliklerine uyumlu hale getirir.
- VA 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 konveks olup ayakta durma sırasında vücut ağırlığı ile hafifçe yassılaşırlar, fakat vücut ağırlığı elimine edilirse normal konumlarını tekrar kazanırlar.

AYAĞIN ARKLARI VE FONKSİYONEL ANATOMİSİ

- Ayağın arkları kuvvetli bağlar, kaslar ve ayak plantar yüzeyindeki kalın fasya tarafından oluşturulur.
- Tarsal ve metatarsal kemikler ayakta 3 ark oluşturur
 1. Longitudinal ark (medial ve lateral)
 2. Transvers ark
- Elastik bir şok absorpsiyon sistemi oluşturur.

Medial Longitudinal Ark

- Kakaneus+ talus+ navikula+ 3 kuneiform+ 1,2,3 metatarsal
- Apeksi navikula
- Yerden yüksekliği 15-18 mm

Lateral Longitudinal Ark

- Kalkaneus+ kuboid + 4,5 metatarsal
- Apeksi cuboid
- Yerden yüksekliği 3-5 mm

- **Anterior Transvers Ark:**
- I. ve 5. metatars başları arasındadır.
- İntermetatarsal bağlar ve M. Adduktör hallusisin transvers başı destekler.

- **Midtransvers Ark:**
- 3 cuneiform ve kuboid arasındadır,
- M.Peroneus Longus tarafından desteklenir.

- **Posterior Transvers Ark:**
- Kuboid ve navikula arasındadır.
- M.tibialis posterior tarafından desteklenir.

- Ayak arkları stabilizasyon için ağırlığı ayağa dağıtırlar.
- Esnek ayak yapısını rijit bir kaldıraca dönüştürürler.
- Ek rotasyonel hareketleri azaltmak, yüzeydeki değişikliklere uyum sağlamak için esnek bir yapıda olmalıdır.
- Ayağın arklarını plantar aponeurosis (plantar fasya), plantar kalkaneonaviküler ligament ve interosseos talokalkaneal ligament pasif olarak destekler.
- Aktif olarak ise arkları kaslar destekler ki en önemli kas tibialis posterior kasıdır.

Plantar Fasya

- Ayak tabanındaki derin fasya kalınlaşarak retinakulum muskolorum flexorum'u ve aponeurosis plantaris'i (plantar fasya) oluşturur
- Plantar fasya üçgen seklindedir ve ayak tabanının orta kısmında bulunur
- Plantar aponeurosis posteriorda kalkaneusun tüberkülünden başlar öne doğru plantar yüzey boyunca her bir parmağın posterior falanksına kadar uzanır.

- Yürüyüşün duruş fazı sırasında plantar aponeurosis gerilimi vardır.
- Tarsal, metatarsal, talus ve kalkaneus kemikleri kompresyon kuvvetine maruz kalırlar.
- Sallanma fazına geçerken MTP ekstansiyonu olur.
- Topuk ve MTP birbirine yaklaşır ve ark yükselir.
- Topuk kalkışı sırasında ayak rijit bir kaldıraca dönüşür.
- Ayağın supinasyonuna yardımcı olur.
- **Windlass veya çıkıık mekanizması**

AYAK DEFORMİTELERİ

TALİPES EKİNO VARUS: (Clubfoot/ Pes Ekinovarus/ Çarpık ayak)

- En sık görülen doğumsal deformitelerdendir.
- 1/2000 doğumda
- Daha çok erkek çocuklarda (2.5 kat)
- 1 /3 oranında bilateralidir.
- Suhtalar eklemin inversiyonu (kalkaneal varus)*
- Ön ayağın adduksiyonu*
- Ayak bileğinin ekini *
- Ayağın kavusu
- Tibianın iç rotasyonu

AYAK DEFORMİTELERİ

- **İMPİNGEMENT SENDROMU:**
- Eklem biyomekaniğinin değişmesine neden olan, eklem dokularının sürtüşmesi ile oluşan ağrılı bir durumdur.
- Posttravmatik ayak bileği hasarı ve genellikle ayak bileğinde gerilme → kronik ağrı ile sonuçlanır.

AYAK DEFORMİTELERİ

KALKANEAL EPİN (KALKANEAL SPUR-TOPUK DİKENİ) :

- Plantar fascia'nın başlangıç yerinde, calcaneusun tüberkülünde osteofit oluşmasıdır.
- Nedeni tam bilinmiyor ;plantar fascia'ya binen stresler?
- Duruş fazının ilk yarısında, topuğun anteromedialinde ağrı
- Palpasyonla ağrılıdır.
- Ortez kullanımı

- **PES PLANUS:** MLA konjenital olarak veya sonradan gelişen nedenlerle düzleşmesine ya da üzerine ağırlık verildiğinde normalden fazla çökmesidir.
- Pes planus yük verirken arka ayağın valgusu, orta ayakta medial longitudinal arkin kaybolması ve ön ayağın arka ayağa göre supinasyonu olarak tanımlanabilir.
- aşırı eversiyon, kalkaneusta talusa göre valgus angulasyonu, dış rotasyon ve dorsifleksiyon; tibiaya göre plantar fleksiyon görülür.
- Navikula ise talus başına göre dorsifleksiyon ve Abduksiyondadır.
- MLA destekleyen tabanlık veya takviye ayak tabanında gerilimi azaltmak, yükü ayağın lateraline kaydırmak ve deformite gelişimini önlemek amacıyla uygulanır

PES PLANOVALGUS

- Talusun mediale doğru depresyonu ile calcaneus da valgusa doğru zorlanır ve Achille'in çekme açısı laterale kayar.
- Gastro-soleusun inversiyon momenti azalır ve o tarafa ağırlık verilmesi ile birlikte ark düzleşir, yükün önemli bir kısmı plantar yapılara biner.
- Bu yapıların sürekli gerilim altında kalması zamanla gevşemelerine ve arkin düşmesine neden olur
- Topuk medial kamasının etkisini artırmak ve ön ayaktaki supiasyonu önlemek için lateral taban kaması kullanılır. → **Çapraz kama**

- **PES KAVUS:**

- Pes planusun tersidir
- Plantar yüzeydeki yumuşak dokular kısalmıştır.
- Sıklıkla parmaklarda pençeleşme, arka ayakta varus deförmites ve interfalangeallerin dorsalinde nasırlaşma görülür.

- **Tedavideki amaçlar:**

- Deformitenin ilerlemesini kontrol etmek,
- Yükü dağıtmak,
- Anteroposterior dengeyi sağlamak
- Metatarsal ağrıyı önlemek olarak sıralanabilir.

- **TALİPES KALKANEOVALGUS:**
- Doğuşta en sık rastlanan deformitelerden biridir.
- Daha çok kız çocuklarında
- Rahim içi yanlış pozisyon ?
- Tüm ayak subtalar eklemden dorsifleksiyon, eversiyon ve abduksiyondadır.
- Ayığın sırtında ve lateralindeki yumuşak dokular kısalmıştır.

- **METATARSALJİ:**
- Metatars kemiklerinin başlarının bulunduğu ayağın plantar yüzündeki ağrıdır.
- Primer ve sekonder olabilir.
- Metatarsların başlarında yükün artmasına bağlı olarak oluşur.

- **MORTON NÖROMA:**

- Tekrarlayan travmalar sonucu 3. intermetatarsal sinirin "schwann kılıfında" kollajenöz madde birikimi sonucu oluşan perinöral fibrozis nedeni ile sinirin genişlemesi
- Bu bölgenin palpasyonu oldukça ağrılıdır. (3. ve 4. parmakların arası)
- Tedavide genellikle ayakkabı düzenlenmesi ve ortezlerin kullanılması yeterli olur. Ağrının devam ettiği durumlarda lokal analjezik ve steroid enjeksiyonları yapılabilir.

- **MORTON PARMAĐI:**

- Birinci metatarsın konjenital kısalığında ayağın ağırlık taşıma noktalarında bir değişiklik meydana gelir.
- Özellikle itme fazında 2. metatars başına normalden fazla ağırlık biner.
- Zamanla 2. metatarsta oluşan hipertrofi o bölgedeki siniri sıkıştırır ve metatarsaljiye neden olur.

- **PLANTAR FASCIİTİS:**

- Plantar fasyanın özellikle kalkaneusa yapışma yerinde tekrarlayan mikrotravmalar sonucu oluşan bir aşırı kullanım yaralanmasıdır.
- Ayaklarının altında özellikle plantar fasyanın kalkaneusa yapıştığı yerde şiddetli ağrıdan yakınırırlar.
- Ağrı genellikle ayakta dururken veya sabah uyandıığında ilk adımlarda veya uzun süreli oturmayı takiben kalkıp adım atarken şiddetlidir. Antrenmanın başlangıcında şiddetli iken egzersiz yaptıkça ağrı azalır. Muayenede bu bölgenin palpasyonunda ağrı vardır. Baş parmak dorsifleksiyonu ağrılı olabilir.
- Tedavide istirahat, soğuk ve bandaj ilk dönemde uygulanabilir.
- plantar fasyanın germe ve kuvvetlendirme
- Uygun ayakkabı ve ortezerler

- **TARSAL TÜNEL SENDROMU:**
- Medial malleolün posteriorunda fleksor retinakulumun altından geçen posteriortibial sinirin (veya dalları medial veya lateral plantar sinirin) kompresyon veya traksiyon nöropatisidir.
- Tinel işareti pozitiftir
- Tedavide ağrı ile uğraşmak planlanmalıdır.
- Ortez, fizik tedavi modaliteleri uygulanabilir.

AYAK BİLEĞİ VE AYAK BURSİTLERİ:

- Ayak bileği ve ayaktaki her tendonun bir bursası vardır.
- Genellikle bursaların bulunduğu bölgede ağrı ve duyarlılıkla karşımıza çıkar.
-

- **AŞİLTENDİNİTİ:**

- Bir aşırı kullanım yaralanmasıdır.

- En belirgin semptom aşı tendonunda ağrı ve duyarlılık olmasıdır.

- Yürmede ve merdiven inip çıkmada zorluktan yakınma sıkça görülür.

TALİPES VALGUS:

- Subtalar eklemden itibaren ayağın pronasyon ve abduksiyonudur.
- Sadece valgus deformitesi varsa plantar fleksiyon veya dorsifleksiyon hareketinde bir kısıtlanma olmaz.
- Bebekteki postural deformiteler için egzersiz, gerekirse manipalasyon ve alçı verilir.

- **TALİPES VARUS:**

- Subtalar eklemden itibaren ayak adduksiyon ve inversiyondadır.
- Dorsifleksiyon hareketinin serbest olması ile kinovarustan ayrılır
- Bebekteki postüral varusta manipulatif germeve inatçı vakalarda düzeltici alçı yapılır.
- Bir süre sonra sadece geceleri orteز kullanılır.
- Egzersizlere devam edilirse 3-4 ay içinde düzelme beklenir.

- **METATARSUS VARUS:**

- Kız çocuklarda daha fazla

- 1/1000 doğum

- Postural metatarsus adductus'ta strüktürel deęişiklik yoktur

- Tarsometatarsal eklem normaldir ve pasif olarak düzeltilebilir.

- Konjenital metatarsus varus'ta ise tarsometatarsal eklemden itibaren medial subluksasyon vardır. Pasif olarak düzeltilemez.

- **TRANSVERS ARK DÜŞÜKLÜĞÜ:**
- Anterior transvers ark düşüklüğüdür
- Anterior arkta ki düşüklüğün daha gerideki yapıların yetersizliğinden kaynaklanmış olabileceği unutulmamalıdır.
- Metatarsal ark takviyesi uygulanır. (yeri çok önemli)

- **HALLUX VALGUS:**

- 1. metatars mediale yönelmesi ile birlikte başparmakta laterale deviasyon ve longitudinal eksenini boyunca internal rotasyon görülür.
- Sesamoid kemiklerde meydana gelen kayma nedeni ile başparmağın fleksör kasları başparmağın uzun ekseninin medialinde kalır.

- **HALLUX RIGIDUS:**

- Dejeneratif bir eklem hastalığıdır

- 1. MTP eklemde özellikle dorsifleksiyon hareketi kısıtlanmış veya tümüyle ortadan kalkmıştır.

- Esas neden subtalar eklemdeki aşırı pronasyondan dolayı

- 1. metatarsın hiper mobil oluşu, plantar fleksiyonda sabitlenememesidir.

PENÇE ve ÇEKİÇ PARMAK:

- Pençe parmak;

MTP hiperekstansiyon + PIP ve DIP fleksiyon kontraktürü

- Çekiç parmak;

MTP hipereks + PIP flek + DIP hipereks kontraktürü

- Uzun fleksör ve ekstansör kasları arasındaki denge bozukluğu