

T. C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PES PLANUSU OLAN SAĞLAM KİŞİLERİN
ARK TAKVİYESİZ ve ARK TAKVİYELİ DURUMLARINDA
OKSİJEN TÜKETİMLERİ ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRMALI
BİR ÇALIŞMA**

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
BİLİM UZMANLIĞI TEZİ

Fizyoterapist SAADET OTMAN

T.C
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PES PLANUSU OLAN SAĞLAM KİŞİLERİN
ARK TAKVİYESİZ ve ARK TAKVİYELİ DURUMLARINDA
OKSİJEN TÜKETİMLERİ ÜZERİNDE KARŞILAŞTIRMALI
BİR ÇALIŞMA

Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı
BİLİM UZMANLIĞI TEZİ

Fizyoterapist SAADET OTMAN

Rehber Öğretim Üyesi : Doç.Dr. OSMAN BAŞGÖZE

ANKARA-1984

İ Ç İ N D E K İ L E R

Sayfa No:

1. GİRİŞ	1 - 3
2. GENEL BİLGİLER	4 - 125
3. GEREÇ ve YÖNTEM	126-134
4. BULGULAR	135-146
5. TARTIŞMA	147-154
6. SONUÇ	155-157
7. ÖZET	158-159
8. TABLOLAR	160-170
9. KAYNAKLAR	171-185

G İ R İ Ş

İnsanı diğer canlı varlıklardan ayıran en önemli özellik, dik pozisyonda durabilmesi, denge sağlayabilmesi ve günlük yaşam içinde ekstremitelerini dilediğinde kullanabilmesidir.

İnsan hareketi son derece karmaşık bir doğa olayıdır. Belki de en basit bir açıklama olarak, vücudunu bir yerden başka bir yere iki ayağı ile taşımasıdır. Ancak, hareketin bütün evrelerini analiz etmek için çok geniş bilgiye gereksinim vardır. Eğer ayak ayrı bir birim olarak düşünülürse, biyomekanikliğine uygun bir şekilde açıklanamaz. Ayak, vücut ağırlığını yere aktaran bir bağlantıdır ve yerden gelen zıt kuvveti vücuda geçirerek yeterli bir stabilite sağlar. Bu fonksiyonları nedeniyle bazen esnek bir yapı, bazen de sert bir kaldiraç olarak rol oynar(39).

İstatistikler, gelişmiş ülke insanların yaklaşık %70-80'inin ayaklarının sağlıklı olmadığını ve ayak ağrılarından şikayetçi olduklarını göstermektedir. Bu sağlıklı gelişimin başta gelen nedeni, ayakların uygun olmayan koşullarda aşırı zorlanmaları ve üstlendikleri ağır göreve karşın gerekli ilgiyi görmemeleridir(6,84).

Ayak ağrılarının % 90'dan fazlasının nedeni, statik bozukluklardır. Geri kalan kısmı ise travma, enfeksiyon, konje-

nital şekil bozuklukları, büyüme ya da dolaşım bozukluklarını içerir(6).

Margaris (1938), normal kişilerin yürüyüşlerindeki enerji tüketimini, yokuş çıkarken, inerken ve düz yolda yürürken değişik hızlarda ölçmüştür. Araştırmanın sonunda en az enerji harcaması olan normal hızda, çeşitli eğimlere göre daha fazla enerji harcadığını bulmuştur. Ayrıca, aktivitelerin enerji harcamasını koşubandında da analiz ederek, normal yürüyüşe özdeş olduğunu göstermiştir (96).

Waters ve arkadaşları (1976), travmatik ve vasküler nedenlerle ampute edilmiş kişilerin yürüme sırasındaki enerji harcamasını, normal kişilerinki ile karşılaştırdıklarında, artmış olduğunu bulmuşlardır (99).

McBeath ve arkadaşları (1974) ile Pugh (1973), yaptıkları araştırmalarda değişik tipte baston ve koltuk değneği kullanan ampute hastalarda %30-80 daha fazla oksijen tüketimi olduğunu göstermişlerdir (62,72).

Viecosteinas ve arkadaşları (1979), ayağında kronik lezyonu olan hastalarda yürüme sırasındaki enerji tüketimini ölçmüşler ve ayağının orta kısmında lezyonu olanlarda, normal kişilere göre % 5-20 arasında artış gösterdiğini bulmuşlardır(96).

Hastadan hastaya ve yapılan fiziksel aktiviteye göre değişiklik gösteren enerji harcaması üzerine egzersiz fizyolojisi ve Rehabilitasyon dallarında sürdürülen araştırma ve çalışmalar, uygulanan tedavinin amacına ulaşmasını sağlayacaktır(3).

Çok eski tarihlerden beri pes planusu tedavi etmek amacı ile çeşitli ortopedi, cerrahi ve fizik tedavi yöntemleri kullanılmaktadır. Genellikle çabuk yorulmaktan şikayet eden pes

planuslu kişilerde, yorgunluğun subjektif olup olmadığını anlamak ve çalışma alanımız olan fizik tedavi ve Rehabilitasyon yöntemlerinden ark takviyesinin, pes planuslu sağlıklı kişilerin oksijen tüketimlerine etkisini belirlemek amacı ile bir çalışma yapılması düşünülmüştür. Bu amaçla Nisan 1983-Ocak 1984 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalına baş vuran, sağlıklı 20 pes planus olgusu alınmıştır. Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında istirahat ve çeşitli egim, hızlarda yürümeleri sırasında oksijen tüketimleri ölçülerek, ark takviyesinin oksijen tüketimi üzerine etkisi olup olmadığı saptanmaya çalışılmıştır.

G E N E L B İ L G İ L E R

Ayağın Embriyolojik Gelişimi: Döllenmeyi takiben beşinci hafta dolmadan (15.devre) ayak, ekstremitelerin alt ucunda künt bir şekilde belirir. Bir kaç gün sonra (16.devre) uyluk ve bacak kısımları ayırdedilebilir. Künt bir görünümde olan ayağın yan tarafındaki hafif bir çıkıntı haluks bölgesini işaret eder. Alt ekstremitenin preaksiyal ve postaksiyel kenarları birbirinden ayrılabilir. Yuvarlak ve künt şekilde olan ayağın dış kenarı, parmak düzgünlüğünü meydana getirir (17.devre). Daha sonra metatarsaller belirginleşir (18.devre), diz belirmeye başladıkça (19.devre), parmak kısımları girintili çıkıntılı bir hal alır (20.devre) ve ayak parmaklarının yelpaze şeklindeki görünümü ortaya çıkar (21.devre). Gelişen ayakta ışın şeklindeki mezodermal sütunlar meydana gelince, ektoderm ve mezodermin parmaklar arasında kalan kısmında ayırıcı nekrotik değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler sonucu tek tek parmaklar ayırdedilir (38,39).

Ayağın gelecekteki plantar yüzü, önceleri umblikal korda ve başa bakar. Bunu takibeden ikinci haftada plantar yüz, hafif arkaya ve daha çok mediyale yönelir. Yedinci haftada (19. ve 20. devrelerde) ayaklar sagital düzleme yakın bir pozisyona geldiğinde preaksiyal ya da ekstremitenin tibial sınırının pozisyonu arkaya doğrudur, postaksiyal ya da fibular sınırı ise kaudaldır. Bu nedenle, ekstensör yüzey (dorsal) laterale, fleksör yüzey (plantar) mediyale bakar.

Embriyonik dönemin sonunda (23.devre) ayak tabanları mediya-
le ve dorsale bakan bir pozisyon alır. Bu dönemde ayak bile-
ğinin açılması henüz başlamamıştır. Böylece teratolojik an-
lamda ayağın pozisyonu ekin (equin) durumuna benzer.

Beşinci haftada (15.devre) L_{2-5} ve S_{I-2} sinirleri lum-
bar ve sakral pleksusları meydana getirmişlerdir. Daha son-
raki haftalarda (17.devre) tibial sinir gelişir ve yuvarlak
görünümde olan ayağın plantar bölgesine uzanarak, burada me-
diyal ve lateral plantar sinirlere ayrılır (20.devre) (38,39).

İlk kan damarları, tam olarak gelişmemiş ekstremitede
primer kapiller ağ ile anastomoz yaparlar. Alt ekstremitenin
bacak kısmının aksiyal arteri dördüncü haftada (13.devre)
görünür durumdadır ve yedinci haftaya kadar erişkin bacağın
hemen hemen tüm damarları tamamlanır.

M.Tibialis Anterior gibi tek başına bulunan kaslar,
yedinci haftada ayırdedilmeye başlar (21.devre), Yedinci ve
sekizinci haftalar arasında (21. ve 23.devreler) plantar, par-
mak arası ve parmak ucundaki yumuşak dokular, deri altı doku-
sunun birikimi ile belirginleşir (38,39).

Ayakta Kıkırdaklaşma: Künt bir görünümde olan ekstre-
mitenin iskelet yapıları belirli bir sıraya göre kalınlaşan me-
zodermal yoğunlaşmalar şeklindedir.

Metatarsaller, proksimal falanksler, orta falanksler ve
distal falanksler aşağıdaki sıraya göre oluşurlar:

1. İkinci, üçüncü ve dördüncü metatarsaller,
2. Beşinci metatarsal ve kuboid,

3. Kalkaneus, talus, lateral kuneiform,
4. Orta kuneiform,
5. Mediyal kuneiform,
6. Navikula,
7. İkinci, üçüncü ve dördüncü proksimal falankslar,
8. Beşinci proksimal falanks,
9. Birinci proksimal falanks,
10. İkinci, üçüncü ve dördüncü orta falankslar,
11. Beşinci parmak orta falanksı,
12. Birinci distal falanks,
13. İkinci, üçüncü ve dördüncü distal falankslar,
14. Beşinci distal falanks.

Digital sesamoidler, fetal hayatta kemikleşmenin başladığı devreye kadar ortaya çıkmazlarsada, ayağın tüm iskelet yapıları embriyolojik dönemde kıkırdak şeklinde oluşurlar. Bu nedenle, iskelet yapılarının sayısında artma olduğu anomaliler (örneğin, çok parmaklılık) prenatal hayatın çok erken devresinde başlar (39).

Yedinci haftada (20. ve 21.devrelerde)fibulanın distal ucu kalkaneus ile ilişkidedir. Bu durum embriyolojik dönemin sonlarına kadar devam eder. Başlangıçta tibianın distal ucu mediyal malleolü oluştururken kısa bir süre sonra cismin inferiyor yüzü bir çıkıntı meydana getirerek mediyal malleolü yapar. Mediyal malleol, önceleri lateral malleole göre daha distaldedir. Malleoller bir süre aynı düzlemde kalırlar ve gelişimin sonunda lateral malleol distale doğru uzar.

Ayağın longitudinal ve transvers arkları, embriyonik ge-

lişim tamamlanmadan belirirler. Sinovyal eklemler, embriyonik gelişimde meydana gelen kırkırdaklaşmalar arasında, bölgeler şeklinde ortaya çıkarlar. Embriyolojik dönemin sonunda ayağın çeşitli yapılarının şekilleri, düzenlenmeleri ve ilişkileri aşağı yukarı erişkindeki düzeye ulaşır (39).

Ayakta Kemikleşme: Ayakta kemikleşme, fötal hayatın erken devresinde başlar ve postnatal hayata kadar devam eder. Ayak falanksları, kendine özgü bir şekilde erken dönemde kemikleşmeye başlarlar. Intramembranöz ve endokondral kemikleşme, diğer uzun kemiklerde olduğu gibi cismin merkezinden başlaması gerektiği halde falanksın distal ucundan başlar. Bu oluşumlar daha sonra proksimal yönde gelişimlerini tamamlarlar.

Kemikleşmenin oluşma sırası şöyledir:

1. Birinci distal falaks,
2. İkinci, üçüncü ve dördüncü metatarsaller,
3. Birinci ve beşinci metatarsaller; ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci distal falankslar,
4. İkinci ve üçüncü proksimal falakslar,
5. Birinci proksimal falanks,
6. Dördüncü ve beşinci proksimal falakslar,
7. Kalkaneus,
8. İkinci orta falanks,
9. Üçüncü ve dördüncü orta falankslar,
10. Talus,
11. Beşinci orta falanks,
12. Kuboid,

13. Lateral kuneiform,
14. Mediyal kuneiform,
15. Orta kuneiform,
16. Navikula.

Son beş kemikte kemikleşme doğumdan sonra tamamlanır. Kemik halkalar fetal hayatın bir veya bir kaç haftalık süresinde metatarsaller ve falanksların hepsinde vardır. Cisimlerin vasküler invazyonu kemikleşme merkezlerinin görünmesinin habercisidir (38,39,84).

Ayakta Kemiklerin Gelişimini Tamamlaması Erkek ve Kadınlarda Aşağıdaki şekildedir: Doğumdan önce kadın ve erkekte kemikleşmesi tamamlananlar talus, kalkaneus, kuboid, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci metatarsaller, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci proksimal falanks-lar, ikincü, üçüncü, dördüncü orta falanks-lar, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü distal falanks-lar.

Doğumdan sonra kemikleşenler:

Lateral Kuneiform	-----	Erkek 6'ıncı, Kadın 5.ayda,
Beşinci parmağın distal falanksı	-----	Erkek 7'inci, Kadın 6.ayda,
Mediyal Kuneiform	-----	Erkek 24'üncü, Kadın 18.ayda,
Orta Kuneiform	-----	Erkek 30'uncu, Kadın 23.ayda,
Navikula	-----	Erkek 3 yaş 8'inci, Kadın 2 yaş 10.ayda,
Kalkaneal Apofiz	-----	Erkek 8 yaş, Kadın 6 yaş 2 ayda,

Birinci metatarsal sesamoid -----Erkek 13 yaş,
Kadın 10 yaşta,

tamamlanmaktadır (38,39,84,98).

Ayağın Fötal Gelişimi: Fötal hayatta daha önce belirtilen kemikleşmeye ek olarak bacak ve ayağın iskeletinde de bir takım değişiklikler gözlenir. Tibianın torsiyonu fötal hayatta değişken bir pozisyon göstermektedir. Talus, daha geniş ve değişken bir pozisyon alır, boynu hafif mediyale doğru yönelir ve başının torsiyonu artar. Başlangıçta ayağın mediyalinde olan talus, ayağın uzun eksenine doğru laterale yer değiştirir. Bu değişiklikler doğumdan sonra da devam eder.

Kalkaneusda, sustantakulum tali daha geniş görünümündedir. Kalkaneusun cismi arkaya doğru uzayarak topuğu belirginleştirir ve kalkaneusun uzun eksenini ile yere paralel düzlem arasındaki açı artar. Fötal hayatın yedinci ayında bile ayaklar hala mediyale dönüktür ve ayak tabanları birbirine bakar. Ayak pozisyonlarının değişime uğraması talus ve kalkaneustaki değişikliğe bağlı olarak postnatal hayatta da devam eder.

Embriyonik ayak, yelpaze şeklindeki parmak düzeni ile karakterizedir. Beşinci parmağın dışa doğru açılışı fötal hayatın erken devresinde kaybolur, fakat halluksun dışa doğru açık pozisyonu daha uzun süre devam eder. Parmakların distal kısımları önemli bir değişim gösterirlerse de, fötusun erken döneminde üçüncü parmağın en uzun olduğu, fötal hayatın daha sonraki evrelerinde ise ikinci parmağın daha uzun bir duruma geçtiği şeklinde fikir birliği vardır (39).

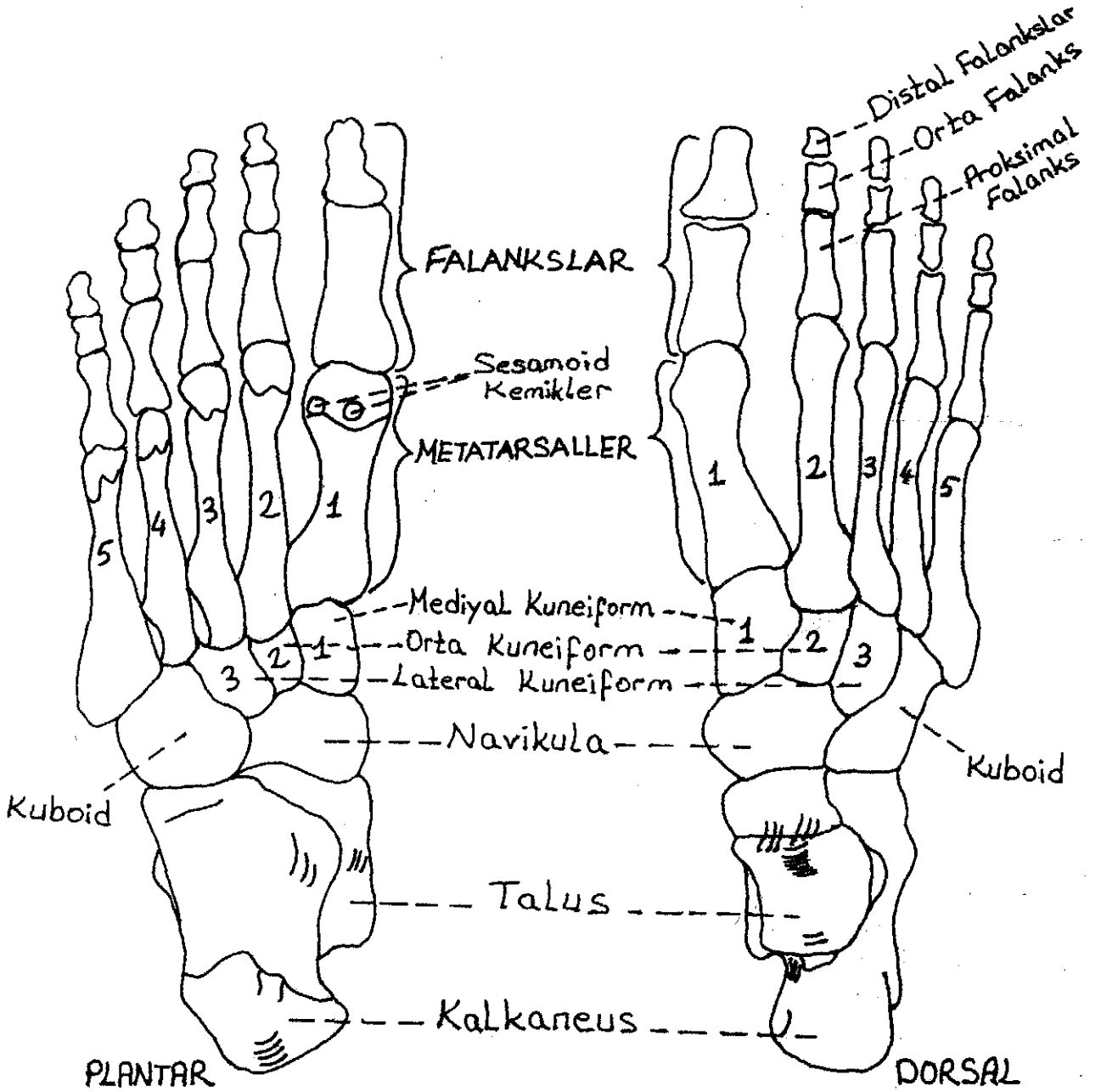
Fötal hayatın erken devresinde ayak bileği uzar, ayak hafif ekin (equin) pozisyonunda ve belirgin süpinasyondadır; Bi-

rinci metatarsal mediyale sapar. Süpinasyon derecesinin değerlendirilmesinde kullanılan indeks, tüber kalkaneinin uzun eksenini ile tibianın diafizinin uzun eksenini arasındaki torsiyondur. Bu açı, fötüsün üçüncü ayında ortalama 36.8 derecedir, doğumda 22.4 dereceye kadar azalır, çocukta 16 derece, erişkinde 3.5 derecelik bir değer alır. Fötüse ait normal ve anormal ayakların daha dikkatli incelenmeleri, normal prenatal pozisyondaki ayağın konjenital clup foot'a benzeyip benzemediğini değerlendirmek için gereklidir.

Embriyolojik dönemin sonunda ayak uzunluğu 4,5 mm. dir. Genellikle prenatal hayatın ikinci yarısında ayak uzunluğunun yarısının döllemeden sonraki haftalarda fötüsün ortalama yaşını verebileceği söylenmektedir. Fötal hayatta, ayak uzunluğu genellikle el uzunluğundan daha büyüktür. Embriyolojik devrenin daha ileri, fötal hayatın erken devrelerinde alt ekstremiteler, üst ekstremitelerle aynı boya veya daha kısa bir duruma geçebilirler (39).

A Y A Ğ I N F O N K S İ Y O N E L A N A T O M İ S İ

A.Ayağın Kemikleri: Ayağın iskelet yapısı sadece fonksiyonel yönden değil, aynı zamanda klinikte karşılaşılan bir çok problem açısından da önem taşır (39). Ayağın iskeletini meydana getiren kemikler; yedi tane tarsal, beş tane metatarsal ve ondört tane falanks olmak üzere 26 kemikten meydana gelmiş olup, üç grupta incelenebilir (Şekil I).



Şekil 1: Ayağın Kemikleri
(Giannestras, J.N.: Foot Disorders)

Ayak bileği iskeletini meydana getiren tarsal kemikler, vücut ağırlığını taşıma ve eşit olarak dağıtmada rol oynadık-

ları için el kemiklerinden daha büyük, daha kuvvetli bir yapıya sahiptirler. Tarsal kemikler de, karpal kemikler gibi distal ve proksimal olmak üzere iki, sıra meydana getirirler. Proksimal sırada kalkaneus ve talus yer alır. Bu kemikler yan yana değil talus, kalkaneusun üzerindedir. Distal sırada ise mediyalden laterale doğru mediyal kuneiform, orta kuneiform, lateral kuneiform ve kuboid yer alır. Distal sırayı meydana getiren kemikler düz bir çizgi üzerinde sıralanırlar (84,98).

Proksimal sırada yer alan ve kalkaneusun üzerinde bulunan talusun süperiyor yüzü, tibia ve fibula ile eklem yapar. Talusa hiçbir tendon yapışmaz ve baş, boyun, cisim olmak üzere üç kısma ayrılır. Talusun süperiyor yüzünde bulunan troklea tali, tibia ve fibula ile eklemleşmektedir. Mediyal yüz, tibianın mediyal malleolü ile; Süperiyor yüz, tibianın distali ile; Lateral yüz, lateral malleol ile eklem yapar. Troklea tali önde arkadan daha geniştir. Bu nedenle dorsifleksiyon yapıldığında rotasyonel kuvvetlere karşı ayak bileğini daha stabil duruma getirir. Talusun baş, boynu öne doğrudur ve erişkinde 15 derecelik açı meydana gelir. Kalkaneus ise en büyük tarsal kemiktir ve vücut ağırlığının büyük bir kısmını talusdan alarak yere aktarır. Kalkaneusun üst yüzünün ön kısmı ortaya doğru uzanır ve sustentakulum tali adını alır. Kalkaneusun posteriyor yüzü aşağıya doğru uzar ve topukta ağırlığı taşıyan tüber kalkanei olarak bilinir. Apofizler 10 yaşına kadar kapanırlar. Aşil tendonu apofizlere değil kalkaneusun kenarına yapışır.

Talusun boynu, sustantakulum talinin üzerindedir. Baş ı ise sustantakulum tali ve navikulanın tüberasıtası arasından geçen plantar kalkaneonavikular bağıın üzerine yerleşmiştir. Burada yer alan sinüs tarsinin tavanını, talus boyununun lateral yüzü, tabanını ise kalkaneus meydana getirir. Sustantakulum talinin arkasına doğru tarsal kanal uzanır. Tarsal kanal ve sinüs tarsi, talusun cismini besleyen büyük damarlar geçtiğı için önemlidir. Talus ve kalkaneus arasında yer alan eklem "Subtalar" eklem denir. Bu eklem üç eklem yüzüne sahip olup, ayağıın önemli eklemlerinden birisidir (84,98,100).

Distal sırada yer alan kuboid kemik, ayağıın lateral yüzünden palpe edilir. Normal ayakta kuboid kemiğın dış kenarı kalkaneus ile hemen hemen aynı düzeydedir. Kuboidin posteriyor yüzü, kalkaneus ile; Anteriyor yüzü, dördüncü ve beşinci metatarsal kemiklerle; Mediyal yüzü ise üç kuneiform kemikle ve bazen de navikular kemikle eklemleşir.

Navikular kemik, üç kuneiform kemiğın anteriyoru ile ve talusun posteriyoru ile eklemleşir. Navikulanın mediyal yüzünde bir çıkınta palpe edilir ve bu navikulanın tüberasıtası olarak bilinir.

Üç kuneiform kemik, birinci, ikinci ve üçüncü metatarsal kemiklerle eklem yapmaktadır. Intertarsal ve tarsometatarsal eklemlerde çok az hareket görölmektedir, fakat bu eklemler üzerine ağırlık verildiğinde kuvvetli bir ark ve es-

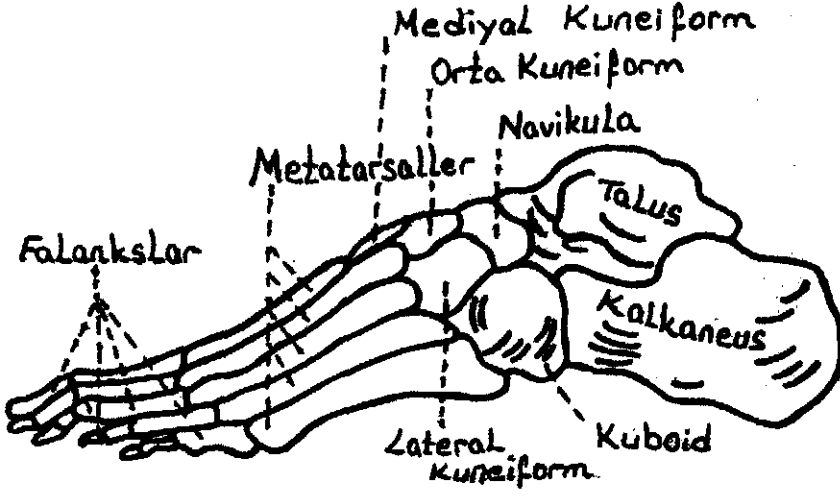
nekligi sağıladıkları için önem taşırlar.

Metatarsal kemiklerin basis adı verilen proksimal uçları distal tarsaller ile, distal uçları ise proksimal falanks-lar ile eklem yaparlar. Metatarsal kemikler, birinci ve be-şinci metatarsallerin cisimleri dışında uzun, ince kemikler-dir. Bu kemiklerin dorsal yüzleri hafif konveks, plantar yüz-leri ise konkavdır. Metatarsallerin kesitleri prizma şeklin-dedir ve proksimalden distale doğru incelirler.

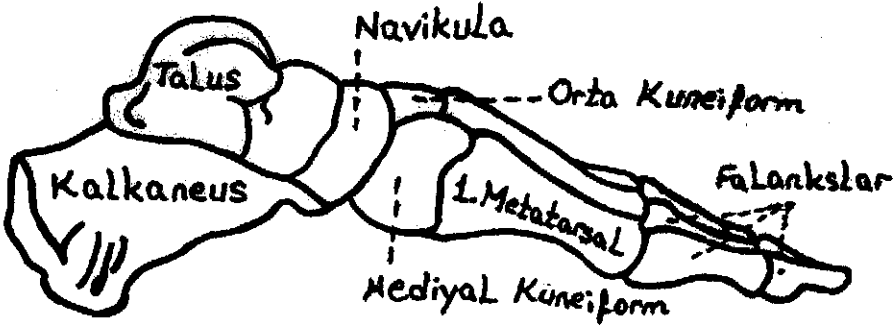
Falankslar, başparmakta iki, diğer parmaklarda üç tane-dir. Proksimal falanksların cisimleri dorsalde konveks, plan-tar yüzde ise konkavdır. Falanksların ~~proksimal~~ uçları metatar-sal kemiklerin distali ile, distal uçları ise orta falanks-lar ile eklem yaparlar. Orta falankslar küçük ve kısadır, fakat proksimal falankslardan daha genişler. Distal falankslar ise daha küçük ve düz olup, herbirinin distal ucunun plantar yüzüne yumuşak dokular yapışarak basıncı karşılamak için da-ha geniş bir alan sağırlar (84,98,100). Bütün falanksların eklem yüzlerinin kenarları, metatarsofalangial ve interfalan-gial eklemlerin bağlarının, kapsüllerinin yapışma yerleridir. Parmaklar, özellikle baş parmak yürümede büyük önem taşır. Parmaklar yürümenin itme fazını sağılayarak yürümenin ya da koş-manın hızını ve kuvvetini ayarlamada doğrudan rol oynarlar (39,84,98,100).

Ayak, vücut ağırlığını taşıyan bir organ olduğu için mekanik bir ünit olarak incelenmesi ve destek yüzeylerinin de-belirlenmesi gereklidir (91). Ayak, yapısında önemli rol oy-

nayan longitudinal ve transvers olmak üzere iki arka sahiptir. Longitudinal ark, mediyal ve lateral diye iki kısımdan oluşur. Mediyal longitudinal arkı, kalkaneus, talus, navikula, üç kuneiform kemik, birinci, ikinci ve üçüncü metatarsaller, birinci, ikinci ve üçüncü falanksler meydana getirmektedir. Lateral longitudinal arkı ise kalkaneus, kuboid, dördüncü ve beşinci metatarsaller, dördüncü ve beşinci falanksler meydana getirmektedir. Her iki komponentin yere değme noktaları, kalkaneus ile metatarsal başlardır (Şekil 2, A-B) (74,84,91,98,100).



A- Sol Ayağın Lateral Yüzü



B- Sol Ayağın Mediyal Yüzü

Şekil 2: Ayağın Longitudinal Arkları
(Gray's Anatomi)

Transvers ark, distal tarsal kemikler ve metatarsal kemikler tarafından meydana gelmektedir. Ayağın plantar yüzünde içten dışa doğru bir konkavite oluşturur. Bu arkın anterior sınırını metatarsal başlar meydana getirdiği için metatarsal ark adını alır. Transvers ark, ayağa ağırlık verildiği zaman belirginleşir (100).

Ayrıca, ayağa binen yükü azaltmada rol oynayan sesamoid kemiklere burada değinmek yerinde olur. Sesamoid kemikler, birinci metatarsofalangial ve interfalangial ekleme %5 oranında görülürler. İkinci metatarsofalangial ekleme, ikinci proksimal interfalangial ekleme ve beşinci metatarsofalangial ekleme daha az oranda görülmektedirler.

Ayakta dik durma pozisyonunda vücut ağırlığının üçte biri birinci metatarsal başta, üçte ikisi ise diğer metatarsal başlarda taşınmaktadır. Birinci metatarsofalangial sesamoidlerin özellikle yürümenin duruş fazında ve itme fazı süresince ağırlık taşımada önemli fonksiyonları vardır. Birinci metatarsalin distal ucundaki sesamoidler ve yumuşak doku buraya binen yükü azaltmada önemli rol oynarlar.

Yardımcı kemiklerin sayısı fazla olduğu halde en çok görülenler; os trigonum, metatarsallerin tabanında yer alan os intermetatarseum, os tibiale eksternum ve peroneal sesamoidlerdir. Beşinci metatarsalin tüberasitası ile ayrılmış olan os vesalianum ender görülmektedir (20,39,84,95).

B. Ayağın Eklemleri ve Hareketleri: Ayağın destek ve

yürüyüş sağlamak gibi çok önemli iki fonksiyonu vardır. Bu fonksiyonlar, statik ve dinamik bileşimler olarak düşünülmemekte, fakat çok karmaşık bir işleve sahip olduğu bilinmektedir (100).

Ayağın Eklemlerini;

- I. Tibiotalar (Talokrural) eklem,
- II. Intertarsal eklemler,
- III. Tarsometatarsal eklemler,
- IV. Intermetatarsal eklemler,
- V. Metatarsofalangial eklemler,
- VI. Interfalangial eklemler şeklinde sıralayabiliriz (84).

I. TİBİOTALAR (TALOKRURAL) EKLEM: Tibia ve fibulanın distal uçları ile talusun troklea talisi arasında meydana gelen menteşe tipi bir eklemdir. Mediyalde tibianın iç malleolü, lateralde ise fibulanın dış malleolü tarafından desteklenmiştir. Malleollerin iki taraftan basıncı eklem hareketini tek düzleme çevirmiştir. Eklem yüzleri hiyalin kırkarakla örtülüdür. Troklea talinin üst yüzünde bulunan eklem yüzü dört köşeli ve önde, arkadan biraz daha geniştir. Dış yüzündeki eklem yüzü ise üç köşeli olup, lateral malleolün iç yüzüne uyar. İç yüzünde bulunan eklem yüzü virgül şeklindedir ve mediyal malleolün dış yüzündeki eklem yüzüne uymaktadır. Talusun üst yüzü öne doğru daha geniş, arkaya doğru daha dardır. Ön kısmının daha geniş olması nedeniyle ayak dorsifleksiyona giderken kemik yapı tibianın ön çıkıntısına

dayanır ve sagital düzlemdeki ekstansiyon hareketini limitlere. Arka yüzünün daha dar olması ise plantar fleksiyonun daha geniş bir açıyla yapılmasını sağlar (84,91).

Ayak bilek ekleminin ve kalça ekleminin genel eksenleri düşünülürse, bu eksenler horizontal düzlemde seyrederek. Ancak, diz ve kalça eklemlerinin horizontal eksenleri birbirine paralel olduğu halde ayak bilek ekleminin horizontal eksenini bu paralelligi kaybeder. Ayak bilek ekleminde lateral malleolün mediyal malleole göre daha arkada ve aşağıda olması nedeniyle horizontal eksen arka, dış, alttan; Ön, iç, yukarı doğru seyrederek. Bu durum ayağın valgus pozisyonunda tutulmasını sağlar ve tibianın distal ucunun proksimale göre eksternal rotasyonda olduğunu gösterir. Tibianın distal ucunda meydana gelen eksternal rotasyon, normalde 0 derece ile 40 derece arasında değişebilir. Bu nedenle bir çok kişi ayak uçları 10 derece dışa dönük olarak yürürler (84,101).

Ayak bilek ekleminin kapsülü, kuvvetli bağlar tarafından mediyal ve lateralde desteklenmiştir. Ayak bilek ekleminde iki ana bağ sistemi vardır. Ayak bileğinde yer alan birinci bağ sistemi, deltoid (mediyal kollateral) bağdır. Triangüler bir bağ olup, mediyal malleolün apeksinden başlar, talus, kalkaneus ve navikulaya yapışır. Anteriyor parçası talus ve navikulanın boynuna uzanır, bu parçasına tibiotalonavikular bağ adı verilir. Orta parçası kalkaneusda sustantakulum taliye uzanır ve kalkaneotibial (tibiokalkaneal) bağ denir. Posteriyor parçası ise enderin kısmı olup, ta-

lusun mediyaline yapışarak talotibial bağ adını alır. Bu bağlar ayağın pronasyon ve abduksiyonu ile gerilir, süpinasyon ve adduksiyonu ile gevşerler.

Ayak bileğinde yer alan ikinci bağ sistemi ise lateral kollateral bağdır. Bu bağ, lateral malleolden başlayarak kuboide, kalkaneusa ön, orta ve arka lifler şeklinde seyredes. Anteriyor talofibular bağ, lateral melleoldan başlar, talusun boynuna yapışır; Posteriyor talofibular bağ, lateral malleolün posteriyorundan başlar, talusun posteriyoruna yapışır; Kalkaneofibular bağ ise lateral malleolün apeksinden başlayarak kalkaneusun lateral yüzündeki tüberküle uzanan yuvarlak bir bağdır. Bu üç bağ, ayak bileğinin lateral bağı adını alır ve süpinasyon, adduksiyon hareketi ile gerilir, pronasyon ve abduksiyon hareketi ile gevşer (74,84,91,98,100).

HAREKETLERİ: Tibiotalar ekleme, her iki malleolden geçen transvers eksen etrafında ayağın fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri yapılmaktadır. Ayak bilek eklemindeki ekstansiyon (dorsifleksiyon) hareketi 20 derece, fleksiyon (plantar fleksiyon) hareketi ise, 30 derece ile 50 derece arasında değişmekte olup, ortalama 45 derecedir. Tibiotalar ekleme toplam 70 derecelik hareket vardır (Şekil 3-A) (81,91).

Ayak bilek ekleminin dorsifleksiyonu, kalkaneofibular bağ, deltoid bağı posteriyor lifleri ve kalkaneal tendonun (aşıl tendonu) gerilmesi ile; Plantar fleksiyon hareketi ise deltoid bağı anteriyor lifleri ve anteriyor talofibular bağı gerilmesi ile limitlenmektedir. Eklem hareketlerinin li-

mitlenmesinde birinci derecede kemik yapı, ikinci derecede bağlar rol oynamaktadır (98).

Ayak bileği her ne kadar menteşe tipi eklemsede, hafif kayma hareketi görülür ve ekstansiyon ile pronasyon, fleksiyon ile süpinasyon hareketi açığa çıkar. Ancak, bu eklemden açığa çıkan süpinasyon ve pronasyon hareketleri ihmal edilecek kadar azdır (91).

II. İNTERTARSAL EKLEMLER: Bu eklemlerin inversiyon ve eversiyon hareketleri hariç tutulursa, asıl fonksiyonları stabilizeyi sağlamaktır. Intertarsal eklemler;

- A. Subtalar eklem,
- B. Midtarsal (Talokalkaneonavikular ve kalkaneokuboid) eklem,
- C. Kuneonavikular eklem,
- D. Kuboidonavikular eklem,
- E. İnterkuneiform ve kuneokuboid eklemler şeklinde sıralanabilir.

Bu eklemlerden en önemlileri, subtalar ve midtarsal eklemlerdir (84).

A. SUBTALAR EKLEM: Bu eklem, talusun inferiyör yüzü üzerindeki konkav posteriyör kalkaneal faset ile kalkaneusun üst yüzünde bulunan konveks posteriyör faset arasında meydana gelir. Subtalar eklem, anterior ve posteriyör olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Eklem posterior kısmı subtalar eklem olarak bilinmekte, anterior kısmı ise talokalkaneonavikular eklem bir parçası olarak tanımlanmaktadır.

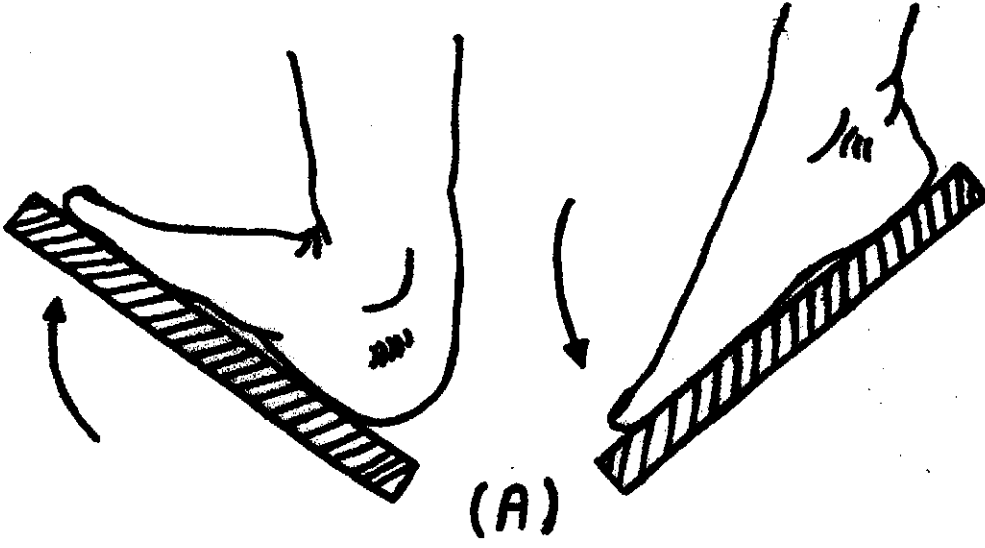
Subtalar eklem, anterior, orta ve posteriyör olmak

üzere üç eklem yüzü vardır. Anteriyor yüzü, talus başının lateral kenarı ile kalkaneusun anteriyor prosessusunun iç ve ön ucunda küçük bir alandadır. Orta yüzü, talusun cismi ve boynunun tabanının anteriyor kısmı ile sustantakulum talinin eklem yüzü arasında; posteriyor yüzü ise talusun alt yüzü ile kalkaneusun cisminin dörtgenimsi faseti arasında yer almaktadır. Eklem yüzleri kuvvetli bir kartilaj ile kaplıdır (84,91,98,100).

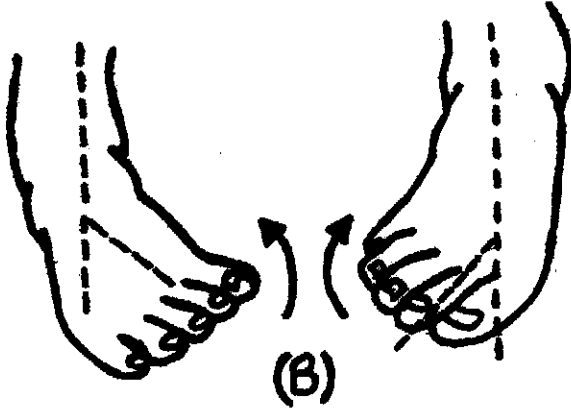
Subtalar eklem, fibröz kapsül, lateral ve mediyal talokalkaneal bağlar, interosseöz talokalkaneal bağ ve servikal bağ ile desteklenmektedir. Fibröz kapsül, eklemi sarar ve büyük kısmını kısa lifler meydana getirir. Bu lifler arasında zayıf fibröz doku bulunur ve sinovyal membran ile doludur. Lateral talokalkaneal bağ, kalkaneusun lateral yüzünden, talusun lateral prosessusundan aşağıya ve arkaya geçen kısa bir bağdır. Mediyal talokalkaneal bağ ise, kalkaneusun mediyal yüzünün hemen arkasındadır ve sustantakulum talinin arkası ile talusun mediyal tüberkülüne yapışır. Bu bağın lifleri, deltoid bağın lifleri ile karışmaktadır. Interosseöz talokalkaneal bağ, sinüs tarside transvers uzanan geniş, düz bir bant şeklindedir. Sulkus tali ile sulkus kalkaneiden, laterale ve aşağıya doğru oblik geçer ve bu bağ, eversiyon hareketinde gerilir. Servikal bağ, sinüs tarsinin lateralinde yer alır. Mediyalde, M.Ekstansör Digitorum Brevis'in origosuna ve kalkaneusun üst yüzüne yapışır. Bu bağ inversiyon hareketi ile gerilir ve hareketin aşırı derecede olmasını engeller(84,91,98).

HAREKETLERİ: Subtalar eklem de tek eksenli bir eklem olup, horizontal düzlemde, vertikal eksen etrafında süpinasyon ve pronasyon hareketleri meydana gelmektedir. İnversiyon ve eversiyon hareketleri aslında subtalar ekleminde meydana gelirse de, diğer intertarsal eklemlerle arttırılmaktadır. İnversiyon hareketi, plantar fleksiyonda ayak bileğindeki adduksiyon ve süpinasyonun bir kombinasyonudur. Eversiyon hareketi ise dorsifleksiyonda ayak bileğinde meydana gelen abduksiyon ve pronasyonun bir kombinasyonudur. İnversiyon hareketi 30 derece, eversiyon hareketi ise 15-20 derece arasındadır (Şekil 3-B) (84,91).

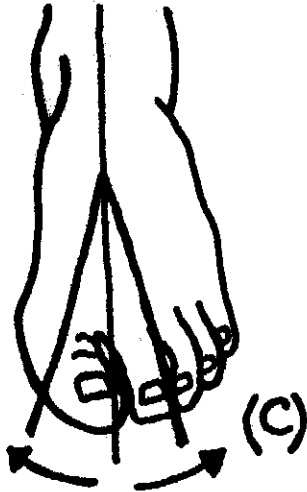
B-MİDTARSAL (CHOPART'S) EKLEM: Bu eklem anatomik olarak birkaç eklemden oluştuğu halde fonksiyon açısından tek eklem olarak bilinir. Midtarsal eklem, mediyal ve lateral olmak üzere iki kısımda incelenir. Mediyal yarısı, talus ile navikulanın skafoid tüberkülü arasında olan talokalkaneonavikular eklemden; Lateral yarısı ise kalkaneusun ön yüzü ile kuboidin arka yüzü arasında yer alan kalkaneokuboid eklemden meydana gelmektedir. Talokalkaneonavikular ve kalkaneokuboid eklem, Chopart's eklemine yaparlar. Bu eklem, ayağın amputasyonunda önem taşır (81,84,98).



Dorsi fleksiyon: 20° Plantar fleksiyon: $45^{\circ}-50^{\circ}$



İnversiyon- 30° Eversiyon- $15^{\circ}-20^{\circ}$



Adduksiyon 20° Abduksiyon 10°

Şekil 3: Ayak ve Ayak Bileğinin Hareketleri
(Giannestras, J.N.:Foot Disorders)

Talokalkaneonavikular Eklem: Üç kemik ve sekiz eklem yüzü arasında meydana gelen bu eklem, sinüs tarsı içersinde bulunan interosseöz talokalkaneal bağ ile ön ve arka olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Eklem arka kısmı talus ile kalkaneus arasında, ön kısmı ise talus, kalkaneus ve navikular kemik arasında yer almaktadır. Bu eklem, top ve soket şeklinde bir eklem benzer. Talusun başı top şekline, kalkaneus lateral ve aşağıda, navikula önde sığ bir sokete uyumaktadır. Yalnız bu eklemdaki hareketler çok sınırlı olduğu için omuz ve kalça eklemlerine benzememektedir(84,98,100).

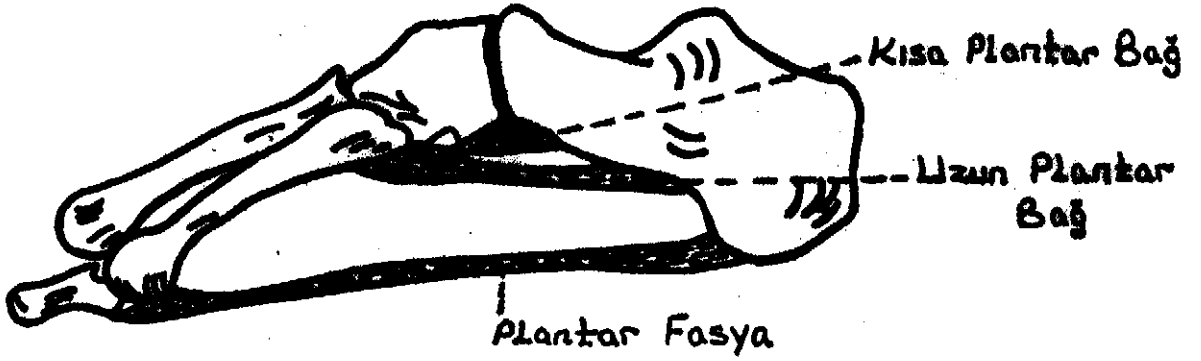
Kalkaneokuboid Eklem: Kalkaneusun ön yüzü ile kuboid kemiğin arka yüzü arasındaki eklemdir. Eklem yüzleri hafif eğri biçimindedir. Eklem hareketleri ise çok sınırlıdır.

Midtarsal eklemi meydana getiren kemikler fibröz kapsül, talonavikular, plantar kalkaneonavikular (Spring) ve bifurkate bağlarla dorsalde, altta ise uzun ve kısa plantar bağlarla desteklenmektedir.

Fibröz kapsül, posteriyorda aşırı kalınlaşması hariç tutulursa az gelişmiştir. Talonavikular bağ, talusun boynundan navikular kemiğin dorsal yüzüne uzanan geniş, zayıf bir bağıdır. Plantar kalkaneonavikular bağ, navikular kemiğin plantar yüzü ile kalkaneusun sustentakulum talisinin anterior kenarını birleştiren kalın, geniş bir bant şeklindedir. Bu bağ, talus başının altından geçerek mediyal longitudinal ark üzerine binen yükü karşılamada fonksiyon görür. Bir bakıma şok abzorban olarak fonksiyon görmektedir. Bifurkate

bağ, kapsülü üstten destekler. Sinüs tarsinin tabanındaki kalkaneusun üst parçasından başlar, kuboid ve navikular kemiklere yapışır. Bifurkate bağın kalkaneokuboid ve kalkaneonavikular olmak üzere iki kısmı vardır. Eklem kapsülünün alt kısmı ise kuboid kemiğe yapışmak için kalkaneusun plantar yüzünden başlayan uzun ve kısa plantar bağlar tarafından desteklenmektedir. Uzun plantar bağ, tarsal bağların en uzunudur. Bu bağın derin lifleri kuboid kemiğin plantar yüzündeki tüberasitasın kenarına yapışır; Yüzeyel lifleri ise ikinci, üçüncü, dördüncü ve bazen de beşinci metatarsal kemiklerin tabanlarından öne doğru devam eder. Uzun plantar bağ, peroneus longus kasının tendonundaki tünelden kuboid kemiğin plantar yüzündeki bir oluğa döner. Bu bağ, ayağa yük bindiği zaman kuvvetin büyük kısmını kontrol ederek lateral longitudinal arkın düzleşmesini engellemede önemli bir rol oynar (Şekil 4).

Plantar kalkaneokuboid (Kısa plantar) bağ, kısa, geniş, fakat kuvvetli bir bağdır. Bu bağ, kalkaneusun anterior tüberkülünden başlar ve kuboid kemiğin plantar yüzünün ön kısmına yapışır. Uzun plantar bağ ile birlikte ayağın lateral longitudinal arkının düzleşmesini engeller (Şekil 4). Bu bağlar, ayağın arka kısmına ağırlık verildiğinde stabilizasyonu sağlarlar. Intertarsal ligamentöz yapılar, plantar aponeurosis, yelpaze şeklinde açılan M.Peroneus Longus ve M.Tibialis Posteriyor kaslarının tendonlarının insersiyoları ile daha kuvvetli desteklenmektedirler (74,84,91,98,100).



Şekil 4: Longitudinal Arka Destekleyen Ligamentler
(Giannestras, J.N.: Foot Disorders)

HAREKETLERİ: Midtarsal eklem, fonksiyon açısından çok önemli bir eklemdir. Bu eklemin üç düzlemde de hareketi vardır. Sagital düzlemde, frontal eksen etrafında dorsifleksiyon ve plantar fleksiyon; Transvers düzlemde, vertikal eksen etrafında abduksiyon ve adduksiyon; Frontal düzlemde, sagital eksen etrafında pronasyon ve süpinasyon hareketleri görülmektedir (Şekil 3-A,B,C) (91).

Midtarsal eklemden itibaren posteriyorda kalan ayak kısmına "Arka Ayak", anteriorde kalan kısmına ise "Ön Ayak" adı verilmektedir. Kayma ve rotasyon hareketlerinin önemli miktarı hem talokalkaneal, hem de talonavikular eklemlerde olmaktadır. Ayağa ağırlık verildiği zaman talusda mediyale doğru hareket meydana gelir. Bu sırada ayağın mediyal kenarında elevasyon, lateral kenarında ise depresyon açığa çıkar ve ayağın plantar yüzü mediyale yönelir. Bu hareket inversiyon pozisyonudur. Inversiyon hareketinin büyük bir kısmı subtalar eklemlerde meydana gelmektedir. Talus etrafında kalkaneusun hareketi, talonavikular ve kalkaneokuboid eklemleri kapsayan transvers tarsal eklemlaşmenin hareketleri ile beraberdir ve

hareketin derecesi bu eklemlerle artmaktadır. İnversiyon hareketinde talus, başı üzerinde navikula rotasyonda iken kuboid aşağıya doğru kayar ve kalkaneokuboid eklem de, kalkaneusun önünde rotasyon yapar. Normalde inversiyon hareketi ayağın plantar fleksiyonunda daha artar. İnversiyon hareketinin limitlenmesinde asıl faktör, peroneal kasların ve interosseöz talokalkaneal bağın kuvvetli lateral parçasının gerilmesidir.

Diğer tarsal interosseöz bağlar ve kalkaneofibular bağ daha az rol oynarlar. Eversiyon hareketi, M.Tibialis Anterior, M.Tibialis Posterior ve deltoid bağın gerilimi ile limitlenmektedir (91,98,100).

Ayak yere temas ettiği zaman, ağırlık aktarmada bu hareketler ayak tabanının yere tam temasını korumak için değişmektedir. Ayağın arka kısmı pronasyon ve abduksiyondayken, ön kısmı süpinasyon ve adduksiyona gelerek ayağın ön kısmının yere teması sağlanır. Ayağın arka kısmı süpinasyon ve adduksiyondayken, ön kısmı pronasyon ve abduksiyona zorlanarak yine ayağın ön kısmının yere teması sağlanmaktadır. Süpinasyon ve pronasyon hareketleri, ayakta durmada ve yürümde ayağın ön kısmının uyumunda inversiyon ve eversiyondan ayrılmaktadır. Bu fonksiyon, engebeli yüzeyde yürürken ayağın yere uyumunu sağlar (84,91,98).

Ayak bileğinde meydana gelen pronasyon, süpinasyon, abduksiyon, inversiyon ve eversiyon hareketleri kişiye göre değişmekle birlikte hareketlerin ortalama değerleri; İnversiyon 30 derece, eversiyon 15-20 derece, abduksiyon 10 derece, adduksiyon 20 derecedir (Şekil 3, B-C) (39).

C. KUNEONAVİKULAR EKLEM: Navikular kemik önde üç kuneiform kemikle eklemleşir. Navikuların distal eklem yüzü konveksdir ve kuneiform kemiklerin proksimal yüzlerine uyum sağlamak için üç fasete bölünmüştür. Eklem kapsülü ve sinovyası, diğer intertarsal eklemlerin kapsül ve sinovyaları ile devam etmektedir. Dorsal ve plantar bağlar, kuneiform kemiklerin herbiri ile navikulayı birleştirir (84,98).

D. KUBOİDONAVİKULAR EKLEM: Bu eklem çoğunlukla fibröz bir eklemdir. Kuboid ve navikular kemik dorsal, plantar ve interosseal bağlarla birleşmektedir. Dorsal bağ, laterale ve öne doğru oblik olarak uzanır. Plantar bağ ise kuboidden navikular kemiğe transverse yakın olarak geçer. Interosseal bağ, kuvvetli transvers liflerden meydana gelir ve iki kemiğin birbirine yakın yüzlerinin eklemleşmeyen kısımlarını birleştirir. Çoğunlukla sindesmoziz, sinovyal eklem yerine geçer ve bu nedenle de eklem çeşitli düzlemlerde harekete sahiptir. Eklem kapsülü ve sinovyal boşluk, kuneonavikular eklem eklem kapsülü ve sinovyal boşluğu ile devam etmektedir (84,98).

E. İTERKUNEİFORM ve KUNEOKUBOİD EKLEMLER: İterkuneiform eklemler ve lateral kuneiform kemikle, kuboid kemik arasında yer alan kuneokuboid eklem, sinovyal karakterdedir. Eklem kapsülleri ve sinovyal boşlukları, kuneonavikular eklem eklem kapsülü ve sinovyal boşlukları ile devam eder. Kemikler, dorsal, plantar ve interosseal bağlar tarafından desteklenmektedir. Dorsal ve plantar bağların herbiri üç transvers bantdan meydana gelmektedir. Birincisi, mediyal ve orta kuneiform kemikleri; ikincisi, orta ve lateral kuneiform kemikleri; üçüncüsü ise lateral kuneiform ve kuboid kemikleri birbirine bağlamaktadır. Plantar

bağlar, M.Tibialis Posteriyor'un tendonundan geçerek kuvvetlenmektedir. Interosseöz bağlar, kemiklerin birbirine yakın yüzlerinin eklemleşmeyen kısımlarını birleştirir ve ayağın transvers arkında önemli rol oynarlar (84,98).

HAREKETLERİ: Kuneonavikular, küboidonavikular, interküneiform ve kuneoküboid eklemlerde meydana gelen hareketler, kemiklerin birbiri üzerinde rotasyonu ve çok az kayma hareketleridir. Bu eklemler, diğer tarsal kemikler ve eklemlerle birlikte ayağın arka ve orta kısmı için stabiliteyi sağlamakla beraber esnekliği korumada da yardımcıdırlar. İnversiyon ve ever-siyon hareketleri intertarsal eklemlerle arttırılmaktadır. İntertarsal eklemlerde meydana gelen hareketler, ayağın yere teması sırasında pozisyonel değişikliklerle meydana gelmektedir. Örneğin, sıçrama ya da koşmaya başlama sırasında olduğu gibi ayağın ön kısmına yük bindiğinde ayağın esnekliğinde artmayı sağlarlar (84,98).

III. TARSOMETATARSAL (LISFRANC) EKLEMLER: Bu eklemler, metatarsal kemiklerin proksimal uçları ile üç kuneiform kemiğin ön distalleri arasında bulunmaktadır. Tarsometatarsal eklemler hafif eğer görünümünde olup, sinovyaldirler. Bu eklemlerde üç eklem boşluğu vardır. Eklem boşluklarından birincisi, birinci metatarsal ile kuneiform arasında; ikincisi, ikinci ve üçüncü metatarsallerle, orta ve lateral kuneiform arasında; Üçüncüsü ise dördüncü ve beşinci metatarsallerle, küboid kemik arasındadır (84).

Tarsometatarsal eklemlerde birinci metatarsal, mediyal kuneiformla, mediyal ve lateral kuneiform, üçüncü metatarsal-

le, dördüncü metatarsal, lateral kuneiform ve kuboid kemikle, beşinci metatarsal ise sadece kuboid kemikle eklemleşmektedir. Bu eklemler, 2-3 mm. proksimale uzanan orta kuneiform ve ikinci metatarsal arasındaki eklem hariç tutulursa baş parmağın tarsometatarsal eklemi ile beşinci metatarsalin tüberkülünü birleştiren bir çizgi üzerinde yer alırlar. Birinci tarsometatarsal eklemin eklem kapsülü ve sinovyal boşluğu, diğer eklemlerin eklem kapsülü ve sinovyal boşluğu ile ilişkide değildir. İkinci ve üçüncü tarsometatarsal eklemlerin eklem kapsülleri ve sinovyal boşlukları, interkuneiform ve kuneonavikular eklemlerin eklem kapsülleri ve sinovyal boşlukları ile devam etmektedir.

Kemikler, dorsal ve plantar tarsometatarsal, interosseal kuneometatarsal bağlar tarafından birbirine bağlanmaktadır. Dorsal bağlar, kuvvetli düz bantlar şeklinde, plantar bağlar ise longitudinal ve oblik bantlar şeklinde bulunmaktadır. Interosseal kuneometatarsal bağlar üç tanedir. Birincisi çok kuvvetlidir ve ikinci metatarsal kemiğin köşelerinden, medial kuneiformun lateral yüzünden geçer. İkincisi, ikinci metatarsal kemik ile lateral kuneiformun birbirine yakın köşelerini bağlar. Üçüncüsü ise dördüncü metatarsal kemiğin lateral kuneiforma yakın köşesi ile lateral kuneiformun lateral köşesini birleştirir (98,100). Tarsometatarsal eklem aralıklarını birleştirilirse, Lisfranc amputasyon çizgisi adı verilen bir çizgi meydana gelir (81).

HAREKETLERİ: Tarsometatarsal eklemler, birincisi hariç tutulursa hiçbir eksenli olmayan eklemlerdir. Amfiartroz cinden olan bu eklemlerde hareket çok azdır ve yalnız üzerine

ağırlık verildiği zaman çok hafif kayma hareketi meydana gelir. Bu eklemler intertarsal eklemlerde başlayan bir hareketi arttırarak, ayığın ön kısmında süpinasyon ve pronasyon hareketlerine izin verirler. Bu eklemlerin asıl fonksiyonu, ayak kubbesinin esnekliğini arttırarak ayak tabanının çeşitli yüzeylere uyumunu sağlamaktır (84,98).

IV. INTERMETATARSAL EKLEMLER: Metatarsal kemiklerin proksimalleri arasında bulunur. Birinci metatarsal kemiğin proksimali ile ikinci metatarsal kemiğin proksimal ucunun lateral kenarıyla, ikinci metatarsal kemiğin cisminin mediyal kenarı arasında küçük bir bursa bulunmaktadır. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci metatarsal kemiklerin proksimal uçları dorsal, plantar ve interosseal bağlarla birbirine bağlanmaktadır. Ayrıca bütün metatarsal kemiklerin baş kısımları, derin transvers bağlarla desteklenmektedir. Dorsal ve plantar bağlar, birbirine yakın kemiklerin proksimal uçları arasından transvers olarak geçerler. Interosseal bağlar ise kuvvetli transvers liflerden meydana gelmiş olup, komşu yüzlerin eklemleşmeyen kısımlarının etrafını sararlar (98,100).

HAREKETLERİ: Bu eklemlerin eksenleri olmadığı için ayığın ön kısmına ağırlık verildiği zaman çok az kayma hareketi meydana gelmektedir. Metatarsal kemiklerin proksimal uçları arasındaki eklemler, metatarsal (Transvers) arkın önemli bir kısmını meydana getirmektedirler (98,100).

V. METATARSOFALANGİAL EKLEMLER: Metatarsal kemiklerin distal uçlarıyla, proksimal falanksların arka uçları arasında yer alan ovoid (sferoid) yüzeyli eklemlerdir. Bir kısım otoriteler

elipsoid olduğunu kabul ederler(84,98,100). Birinci metatarsal kemigin başının plantar yüzünde iki tane longitudinal oluk bulunur. Bu olukların herbiri eklem kapsülünün plantar kısmına yerleşen bir sesamoid kemikle eklemleşir. Proksimal falanksın üst ucundaki bütün kuturlar konkavdır.

Kemikler fibröz kapsül, plantar, derin transvers metatarsal ve kollateral bağlarla birbirine bağlanmaktadır. Fibröz kapsül, eklemlerin etrafını çevreler ve eklem yüzlerinin kenarlarına yapışır. Eklem kapsülü dorsal yüzde daha incedir ve küçük bursalarla M.Ekstansör Digitorum Longus'un tendonlarından ayrılmaktadır. Plantar bağlar, kalın ve koyu fibröz yapılardır. Bu bağlar, metatarsal kemikler için gevşek üniteler olmasına karşın, proksimal falanksların proksimal uçlarını tam olarak tesbit etmektedirler. Plantar bağlar, elin volar yüzündeki bağlar ile eşdeğerdedir. Derin transvers metatarsal bağlar, dört tane kısa, geniş ve düz bantlar şeklinde olup, yanyana sıralanmış olan metatarsofalangial eklemleri birbirine bağlamaktadır. Dorsal yüzleri interosseallerle, plantar yüzleri ise lumbrikal kaslar, digital damarlar ve sinirlerle bağlantılıdır (98).

Metatarsofalangial eklemlerin dorsal yüzleri de elinkine benzer ve ekstansör mekanizmanın bu kısmı kaplamasıyla kuvvetlenir. Ayaktaki ekstansör mekanizmadan uzanan lifler, metatarsofalangial eklem bükülmesine neden olurlar (84). Eklem her iki tarafında yer alan kollateral bağlar, yuvarlak ve kuvvetli bağlardır. Bunlar, metatarsal kemik başının kenarındaki dorsal tüberkülün bir ucuna yapışarak falanks tabanına uzanmak

üzere aşağıya ve öne doğru oblik olarak geçerler (98).

HAREKETLERİ: Bu eklemlerin üç düzlemde de hareketi vardır. Fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon, adduksiyon, pronasyon ve süpinasyon hareketleri görülür. Bu hareketler elinkine benzetmekle beraber dereceleri farklıdır. Baş parmağın eklemi, diğer dört eklemden biraz değişiklidir. Diğer eklemlerden daha geniş bir yapısı olup, plantar bağın altına yerleşen iki sesamoid kemigi vardır.

Ayakta ekstansiyon hareketi, elinkinden daha fazladır. Özellikle baş parmakta fleksiyon birkaç derece limitli olduğu halde ekstansiyon 90 derecenin üzerinde olabilir. Metatarsofalangial eklemlerin yerle teması olduğu unutulmamalıdır. Ayağın longitudinal arklarında metatarsal kemikler yer aldığı için 25 dereceden daha fazla ekstansiyon meydana gelmektedir. Adduksiyon hareketi fleksiyonla, abduksiyon hareketi ise ekstansiyonla beraberdir. Küçük parmağın abduksiyon hareketi, daima fleksiyonla beraber görülmektedir (98).

Baş parmağın metatarsofalangial eklemünde sagittal düzlemde, transvers eksen etrafında meydana gelen fleksiyon hareketi 25 ile 45 derece arasında, ekstansiyon hareketi ise 60 ile 80 derece arasında değişmektedir (39). Diğer dört parmaktaki fleksiyon, ekstansiyon hareketi ortalama 40'ar derecedir. Eklemlerde meydana gelen abduksiyon ve adduksiyon hareketleri, kollateral bağlar tarafından engellenmektedir (39,84).

Metatarsofalangial eklemler, yürümenin itme fazında ağırlığın ileri doğru aktarılmasında yaylanmayı sağlamak gibi önemli bir fonksiyona sahiptirler (91).

VL: INTERFALANGIAL EKLEMLER: Bu eklemler menteşe tipi eklemlerdir. İnterfalangial eklemler, falanks başındaki troklear yüz ile komşu falanksın proksimalinde yer alan eklem yüzleri arasında bulunurlar. Herbir eklem eklem kapsülü, iki kollateral bağı ve plantar bağları bulunmaktadır. Bunların düzenlenmesi, metatarsofalangial eklemlerinkine benzemektedir (98).

HAREKETLERİ: İnterfalangial eklemler menteşe tipi eklemler oldukları için sagittal düzlemde, transvers eksen etrafında sadece fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri vardır. Bu eklemlerde meydana gelen ekstansiyon hareketi, eldekine benzemez. Ayakta İnterfalangial eklemlerde fleksiyon hareketi daha fazladır. Fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri proksimal ve orta falankslar arasında, distal ve orta falankslar arasındakinden daha serbesttir. Fleksiyon hareketi daha önemli olup, ekstansiyon hareketi fleksör kasların ve plantar bağların gerilimi ile kısıtlanmaktadır. Baş parmağın interfalangial ekleminde meydana gelen fleksiyon hareketi ortalama 90 derece, ekstansiyon ise 90-0 derecedir. Diğer dört parmağın proksimal interfalangial eklemlerinde meydana gelen fleksiyon hareketi 35 derece, ekstansiyon ise 35-0 derece, distal interfalangial eklemlerin fleksiyon hareketi 50-60 derece, ekstansiyon hareketi ise 30 derecedir (39,84).

İnterfalangial eklemleri her iki yönde destekleyen kollateral bağların tüm hareket boyunca gerilim altında olmalarına karşın, eklemlerin dengesi fleksör ve ekstensör kaslarla sağlanmaktadır (100).

C. AYAĞIN KASLARI:

Ayağın hareketlerini meydana getiren kaslar esas olarak iki grupta incelenebilir:

I. Ayak bileği ve ayağın ekstrinsik kasları,

II. Ayağın intrinsik kasları.

I. Ayak Bileği ve Ayağın Ekstrinsik Kasları:

A. Anteriyor Grup Kaslar:

1. M.Tibialis Anteriyor,
2. M.Ekstansör Digitorum Longus,
3. M.Ekstansör Hallusis Longus,
4. M.Peroneus Tertius'dur.

B. Posteriyor Grup Kaslar:

1. M.Gastroknemius,
2. M.Soleus,
3. M.Tibialis Posteriyor,
4. M.Fleksör Digitorum Longus,
5. M.Fleksör Hallusis Longus'dur.

C. Lateral Grup Kaslar ise:

1. M.Peroneus Longus,
2. M.Peroneus Brevis'dir.

II. Ayağın Intrinsik Kasları:

Bu kas grubu, dorsal ve plantar kaslar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

I.Dorsal grupta, M.Ekstansör Digitorum Brevis ve M.Ekstansör Hallusis Brevis kasları yer almaktadır.

2.Plantar grup kaslar ise dört tabakada incelenir:

A. Birinci tabakada yer alan kaslar:

1. M.Abduktor Hallusis,

2. M.Fleksör Digitorum Brevis,
 3. M.Abduktor Digiti Minimi.
- B. İkinci tabakada yer alan kaslar:
1. M.Fleksör Digitorum Aksesoryus (Quadratus Plantae),
 2. M.Lumbrikalis.
- C. Üçüncü tabakada yer alan kaslar:
1. M.Fleksör Hallusis Brevis,
 2. M.Adduktör Hallusis,
 3. M.Fleksör Digiti Minimi.
- D. Dördüncü tabakada yer alan kaslar:
1. M.Dorsal Interossealis,
 2. M.Plantar Interossealis'dir.

Bu kas gruplarının fonksiyonları birbirinden ayrı olmakla beraber, birlikte uyumlu çalışmaları sonucu ayak bileği ve ayak hareketleri meydana gelmektedir(74,98,100).

Uylukta olduğu gibi bacadada çeşitli kas grupları bacak fasyasının kaslar arasına verdiği uzantılar ile (Intermusküler septa) birbirlerinden ayrılırlar. Bacanın her tarafını saran krural fasya, uylukta bulunan fasya latanın devamıdır ve ayağın üzerinde fasya dorsalis pedis olarak devam eder. Krural fasya, bacak kemiklerinin bütün kenar ve çıkıntılarına yapışır. Fasyadan ayrılan iki yaprak (Intermusküler septum) peroneal kasları, fleksör ve ekstansör kaslardan ayırarak fibulaya yapışır.

Fasya yapısını meydana getiren lifler, iç ve dış malleollerin üzerinde transvers olarak uzanırlar ve Süperiyor Ekstansör Retinakulum adını alırlar. İç ve dış malleollerden başlayan

liflerin bir kısmı ise ayak üzerinde çaprazlaşarak Y harfi şeklini alırlar. Bu çaprazlaşan liflere de Inferiyor Ekstansör Retinakulum adı verilmektedir. Fleksör ve ekstansör retinakulum adını alan bu bantlar, altlarından geçen tendonların kasılmaları sırasında iskelet yapıdan ayrılmalarını engellemektedir (39,98).

I. EKSTRİNSİK KASLAR: Bu kaslar, anteriyor, posteriyor ve lateral olmak üzere üç grupta incelenirler (98,100).

A. ANTERİYOR GRUP KASLAR:

Bu grupta yer alan M.Tibialis Anteriyor, tibianın dış yüzü, membrana interossea ve krural fasyadan başlar, mediyal kuneiform kemiğin mediyal yüzüne ve birinci metatarsal kemiğin tabanının plantar yüzüne yapışarak sonlanır. Sinirini N.Peroneus Profundus'dan ($L_{4-5} - S_I$) alan bu kas, ayak bileğinin en kuvvetli dorsifleksörü olup, aynı zamanda süpinasyon, adduksiyon ve inversiyon hareketlerini de yaptırmaktadır.

M.Ekstansör Digitorum Longus, tibianın dış kondülünden, fibulanın anteriyor yüzünün dörtte üç üst kısmından, krural fasyadan başlar ve ayak bileği ekleminin hemen önünde dört tendona ayrılarak ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakların orta ve distal falankslarının dorsal yüzlerine yapışır. Sinirini N.Peroneus Profundus'dan (L_{4-5}, S_I) alan bu kas, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakların ekstansörüdür. Bu kas ayrıca ayak bileğinin dorsifleksiyon, abduksiyon ve eversiyon hareketlerine de yardımcıdır.

M.Ekstansör Hallusis Longus, fibula ve membrana interossea'dan başlar, baş parmağın distal falanksına yapışır. Sinirini

N.Peroneus Profundus'dan (L_{4-5} , S_I) alan bu kas, baş parmağa ekstansiyon yaptırır.

M.Peroneus Tertius kası ise ayrı bir kas olmayıp, M.Ekstansör Digitorum Longus'dan ayrılan liflerden meydana gelir ve tendonu dışa doğru uzanarak beşinci metatarsalin üst yüzüne yapışır. Bazen bu tendon bulunmayabilir. M.Peroneus Tertius ayağın pronasyon, abduksiyon ve eversiyon hareketlerine yardımcıdır (74,84,98,100).

B.POSTERİYOR GRUP KASLAR:

Bu grupta yer alan kaslar, krural fasyanın derin yaprağı ile yüzeyel ve derin olmak üzere iki tabakaya ayrılmışlardır. Yüzeyel tabakada M.Gastroknemius ve M.Soleus'un birleşmesinden meydana gelen M.Triseps Sura bulunur. Derin tabakada ise M.Tibialis Posteriyor, M.Fleksör Digitorum Longus, M.Fleksör Hallusis Longus ve M.Popliteus kasları bulunmaktadır.

Yüzeyel Tabakada Yer Alan Kaslar:

M.Gastroknemius'un kaput mediyale ve kaput laterale olmak üzere iki başı vardır. Her iki baş, femur kondülllerinin arka, üst yüzünden başlar ve kalkaneal tendon ya da aşıl tendonu ile kalkaneusun posteriyor yüzünde bulunan tüber kalkaneiye yapışır. Sinirini N.Tibialis'den (L_5 , S_{1-2}) alan bu kas, ayak bileğine plantar fleksiyon yaptırır ve parmak uçlarında yükselmeyi sağlar.

M.Soleus, fibula başının posteriyor yüzünden ve cisminin üçte iki üst kısmından, popliteal çizgi ve tibianın orta kısmının mediyal kenarından başlar, kalkaneal tendon ya da aşıl tendonu ile kalkaneusun posteriyor yüzüne yapışır. Sinirini

N.Tibialis'den (L_5, S_{I-2})alan bu kasda, M.Gastroknemius ile birlikte ayak bileğine plantar fleksiyon yaptırır. M.Triseps Sura, talokalkaneonavikular ekleme etki eder ve tendonu bu eklemin iç tarafından geçtiği için ayağa süpinasyon hareketi yaptırır. Ayağın en kuvvetli süpinatörü olduğu için tek başına pronatorlara karşı koyabilir (74,98,100).

Derin Tabakada Yer Alan Kaslar:

M.Tibialis Posteriyor,popliteal çizgi, tibianın üçte iki üst kısmının posteriyor yüzü ve fibulanın üçte iki üst kısmının mediyal yüzünden başlar, kalkaneusun sustantakulum talisine, navikular kemigin tüberkülüne, üç kuneiform kemiğe, kuboide ve üçüncü metatarsal kemiğe dallara ayrılarak yapışır. Sinirini N.Tibialis'den (L_5, S_{I-2}) alan bu kas, ayağa plantar fleksiyon, adduksiyon, süpinasyon ve inversiyon hareketleri yaptırır. M.Tibialis Posteriyor'un tendonu sustantakulum tali ve talus başının altından geçtiği için bu kemiklere destek vazifesi görerek kalkaneusun fazla pronasyona gelmesini ve talusun aşağıya doğru kaymasını engeller. Tarsal kemiklerin plantar yüzlerine yelpaze şeklinde yapıştığı için bu kasın önemli bir fonksiyonu da mediyal longitudinal arkı korumaktır.

M.Fleksör Digitorum Longus, tibianın posteriyor yüzünün beşte üç orta sınırından başlar ve baş parmak hariç diğer dört parmağın distal falankslarının tabanının posteriyor yüzüne yapışır. Sinirini N.Tibialis'den (L_5, S_{I-2}) alan bu kas, baş parmak hariç diğer dört parmağa fleksiyon hareketi yaptırır ve ayak bileğinin plantar fleksiyon, süpinasyon, adduksiyon ve inversiyon hareketlerine yardım eder.

M.Fleksör Hallusis Longus ise fibulanın üçte iki alt kısmının posteriyor yüzünden başlar ve baş parmağın distal falanksının tabanının plantar yüzüne yapışır. Sinirini N.Tibialis'den (L_5, S_{I-2}) alan bu kasın fonksiyonu, baş parmağa fleksiyon hareketi yaptırmaktır. Ayrıca tendonu tibiotalar eklemin transvers ekseninin arkasından ve talokalkaneonavikular eklemin içinden geçtiği için ayağın fleksiyon, süpinasyon, adduksiyon ve inversiyon hareketlerine de yardım eder. M.Fleksör Hallusis Longus'un statik rolü de çok önemlidir. Sustentakulum talinin altından geçerek baş parmağa uzanan tendonu, mediyal longitudinal arkın kuvvetli bir desteğidir. Bu kasın tendonu, M.Tibialis Posteriyor'un tendonundan daha uzun olduğu için fonksiyonu çok önemlidir. En önemli fonksiyonu, yürümede, koşmada ve zıplamada itme fazını sağlamaktır (74,98,100).

C. LATERAL GRUP KASLAR:

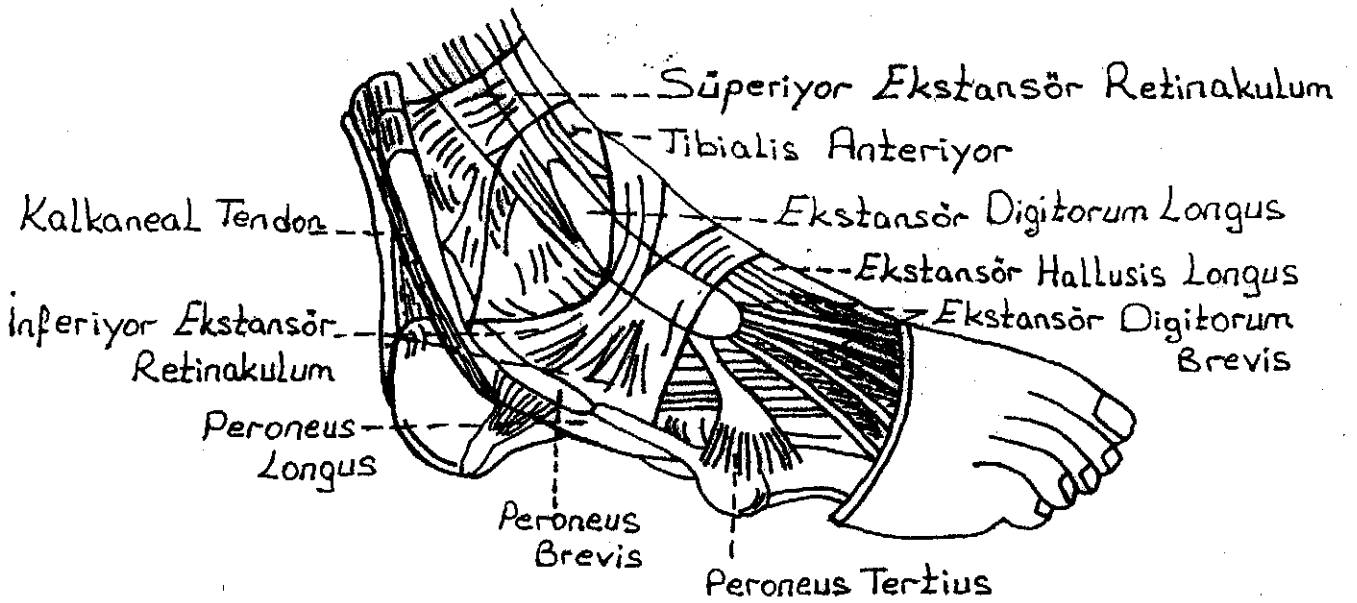
Bu kaslar, krural fasyanın kaslar arasına verdiği iki uzantı ile önde ekstansör, arkada fleksör gruptan ayrılmışlardır.

M.Peroneus Longus, tibianın lateral kondülü, fibulanın üçte iki üstü ve fibula başının lateral yüzünden başlar, mediyal kuneiformun plantar yüzünün lateral kenarına ve birinci metatarsalin tabanına yapışır. Sinirini N.Peroneus Süperfisialis'den (L_5, S_{I-2}) alan bu kasın fonksiyonu, eversiyon ve abduksiyon hareketini yaptırmaktır.

M.Peroneus Brevis, fibulanın üçte iki alt kısmının lateral yüzünden başlar, beşinci metatarsalin tabanının lateralinde bulunan tüberasitasa yapışır. Sinirini N.Peroneus Süperfisialis'den alan bu kas, M.Peroneus Longus ile birlikte ayağa eversiyon hareketi yaptırır. Bu kaslar talokalkaneonavikular eklemin oblik ekseninin dışından geçtikleri için ayağa pronasyon hareketi de yaptırırlar (74,84,98,100).

Ayağın intrinsik kaslarına geçmeden önce ayağın ekstin-
sik kaslarına ait tendonları çevreleyen ve intrinsik kasların
başlama yeri olan yapılardan bahsetmek yerinde olur. Bu olu-
şumları; Süpersiyor, Inferiyor fleksör ve ekstansör retinaku-
lular, sinovyal kılıflar ve plantar aponeurosis olmak üzere
sıralayabiliriz.

Süperiyor ekstansör retinakulum, tibiotalar eklemin ön
yüzünde olup, iç ve dış malleoller arasında transvers seyreden
lifleri vardır. M.Tibialis Anterior, M.Ekstansör Hallusis Lon-
gus, M.Ekstansör Digitorum Longus ve M.Peroneus Tertius'un ten-
donlarını sarar, lateralde fibulanın anterior kenarının alt
ucuna, mediyalde ise tibianın anterior kenarına yapışır. Üst
kısmında bacağın derin fasyası ile devam eder, aşağıda ise ka-
lın konnektif dokuya benzer bir şekilde inferior retinakulum
ile birleşir. Süperiyor retinakulumun altından anterior ti-
bial damarlar ve N.Peroneus Profundus geçer. Bu yapıda sadece
M.Tibialis Anterior'un tendonu sinovyal bir kılıfa sahiptir
(Şekil 5).



Şekil 5: Ayak Bileğinin Retinakulumları
(Gray's Anatomy)

İnferiyör ekstansör retinakulum, tibiotalar eklemin önünde bulunan Y şeklinde bir banttır. Kolu kalkaneusun üst yüzüne yapışmış olup, M.Peroneus Tertius ve M.Ekstansör Digitorum Longus'un tendonlarının etrafında kuvvetli bir ilmek şeklini alarak mediyale geçer. Bu ilmeğin mediyal ucu ikiye ayrılarak Y harfini tamamlar. Üst kısmı iki tabakadan meydana gelir. Derin tabakanın altında M.Ekstansör Hallusis Longus ve M.Tibialis Anterior'un tendonları geçer. Yüzeyel tabaka ise M.Ekstansör Hallusis Longus'un tendonunun üzerinden geçer ve derin tabakaya yapışır. Y harfinin alt bandı ise plantar aponeurosis yapışmak için A.Dorsalis Pedis ve N.Peroneus Profundus'un terminal dallarının üzerinden geçerek aşağıya ve mediyale uzanır (Şekil 5) (39,98).

Fleksör retinakulum, anteriyorda mediyal malleolün apeksine yapışır. Distalde ise ayagın dorsal yüzünde bulunan derin fasya ile devam eder. Posteriyör parçası, kalkaneusun mediyal prosessusü ile plantar aponeurosis yapışmaktadır. Üst kenarı, özellikle derin transvers tabaka, bacağın derin fasyasından tamamen ayrılmaktadır. Alt kenarı ise plantar aponeurosis ile devam eder ve liflerinin çoğu M.Abduktör Hallusis ile karışmaktadır. Bu retinakulumun mediyalinden lateraline doğru M.Tibialis Posteriyör'un, M.Fleksör Digitorum Longus'un tendonları, Posteriyör Tibial damar, N.Tibialis ve M.Fleksör Hallusis Longus'un tendonu yer almaktadır.

Peroneal retinakulumlar ise M.Peroneus Longus ve Brevis'in tendonlarını kapsayan fibröz bantlardır. Süperiyör retinakulum, kalkaneusun lateral yüzü ve bacağın derin transvers fasyası

ile lateral malleolün arkasına geçer. İnferiyor retinakulum, önde inferiyor ekstansör retinakulumla devam eder, arkada kalkaneusun lateral yüzüne yapışır. Bazı lifleri ise M.Peroneus Longus ve Brevis'in tendonları arasında bir septum meydana getirerek kalkaneusun peroneal trokleası üzerindeki periosta yapışırlar (98).

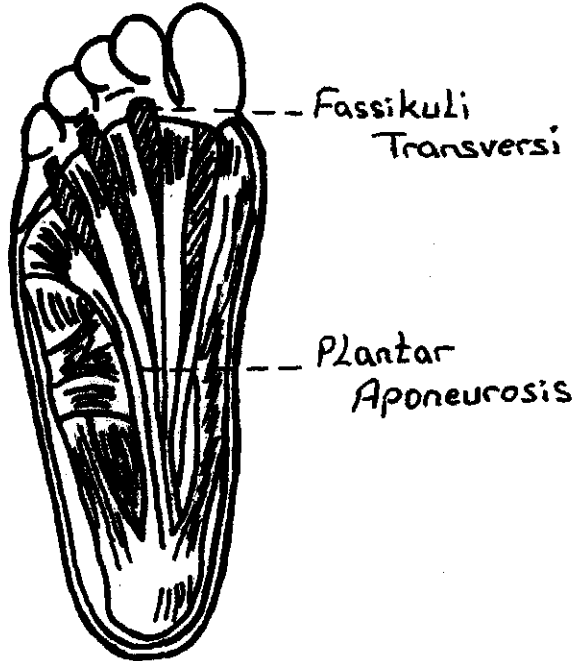
Tibiotalar eklemi geçen tendonların hepsi düz bir çizgi şeklinde olmayıp, sinovyal kılıflar tarafından sarılırlar ve retinakulumlarla aşağı doğru çekilirler. Anteriyorda yer alan M.Tibialis Anteriyor'un kılıfı süperiyor ekstansör retinakulumun proksimal kenarından geçerek inferiyor ekstansör retinakulumun birbirinden ayrılan kolları arasındaki boşluğa doğru uzanır. M.Ekstansör Digitorum Longus, M.Hallusis Longus ve M.Peroneus Tertius'un kılıfları malleollerin hemen üzerinden başlarlar. M.Ekstansör Hallusis Longus'un kılıfı birinci metatarsal kemiğin tabanına, M.Ekstansör Digitorum Longus'un kılıfı ise beşinci metatarsalin tabanına uzanır.

Ayak bileğinin mediyalinde yer alan M.Tibialis Posterior'un kılıfı malleolün 4 cm. üzerine uzanır ve aşağıda navikulanın tüberasitasına giden tendon bağlantısının hemen proksimalinde sonlanır. M.Fleksör Hallusis Longus'un kılıfı malleole kadar uzanır, fakat M.Fleksör Digitorum Longus'un kılıfı biraz daha yukarı çıkar. M.Fleksör Hallusis Longus birinci metatarsalin tabanına, M.Fleksör Digitorum Longus navikulaya uzanır. Ayak bileğinin lateralinde ve proksimalinde yer alan, fakat alt kısımda çift olan bir kılıf M.Peroneus Longus ve Brevis'i içine alır, lateral malleolün apeksinin 4 cm. prok-

simaline doğru uzanır (98).

Ayağın plantar yüzünde deri, kas ve tendonlar arasında yer alan plantar aponeurosis geniş, sağlam fibröz bir dokudur. Mediyal, sentral ve lateral olmak üzere üç kısma ayrılır. Plantar aponeurosis olarak bilinen sentral parçası, kuvvetli ve fibrözdür. Arkada dar olup, tüberkalkaniye yapışır distale doğru genişler ve incelererek metatarsallerin başlarına yakın beş kısma ayrılır (Şekil 6) (39,98,100). Her bir kısım bir parmağa gider, metatarsofalangial eklemlerde yüzeysel ve derin olmak üzere iki tabakaya ayrılır. Yüzeysel tabaka ayak parmaklarını tabandan ayıran enine oluğun derisine yapışır. Derin tabaka ise ayak parmaklarının fleksör tendonlarını saran fibröz kılıflarla birleşir. Beş bölümün arasından digital damarlar, sinirler ve lumbrikal kasların tendonları geçer.

Plantar aponeurosisin sentral parçası, lateral ve mediyal kısımlarla devam eder. Birleşme yerlerinde iki yassı uzantı kaslar arasına girerek kemiklere yapışır. Bu bölmeler, orta kısımda yer alan kasları lateral ve mediyal gruplardan ayırırlar.



Şekil 6: Plantar Aponeurosis
(Wels, F.K.: Kinesiology)

Ayağın plantar kasları lateral, mediyal ve orta olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Mediyal ve lateral gruplar halluks ve beşinci parmağın kaslarını içine alır. Orta grup ise lumbrikalleri, interossealleri ve kısa fleksörleri içerir. Plantar aponeurosisin bir çok lifi derinde bulunan çeşitli bağlarla ilişkidedir ve ayak tabanındaki yağ dokusuna da bir çok uzantı verir. Ayak iskeleti için önemli destek sağlayan bu yapı, longitudinal ark içinde destek fonksiyonu gören çok kuvvetli bir bağdır (39,81,98,100).

II. AYAĞIN İNTRİNSK KASLARI:

1. Dorsal Grup Kaslar:

M.Ekstansör Digitorum Brevis ve M.Ekstansör Hallus Brevis, sinüs tarsi yakınlarında kalkaneus ve buraya yapışan inferiyor ekstansör retinakulundan başlarlar, ayağın dorsalini çaprazlayarak mediyale ve distale dönerler. M.Ekstansör Digitorum Brevis dört tendona ayrılarak ikinci, üçüncü, dördüncü parmaklara doğru uzanır ve aponeurosis şeklinde genişleyerek M.Ekstansör Digitorum Longus'un tendonlarının lateral kenarlarına yapışır. M.Ekstansör Hallus Brevis ise süperfisial arterya dorsalis pedisi çaprazlayarak baş parmağın proksimal falanksının tabanının dorsal yüzüne yapışır. Sinirini N.Peroneus Profundus'un lateral dalından (S_{I-2}) alan bu kasların fonksiyonları, birinci, ikinci, üçüncü, dördüncü parmaklara ekstansiyon ve abduksiyon hareketi yaptırmaktır. Beşinci parmağın ekstansörü fonksiyonunu gören tendon çoğunlukla M.Peroneus Tertius ya da M.Peroneus Brevis'den gelir. (74,98,100).

2. Plantar Grup Kaslar:

A. Birinci Tabakada Yer Alan Kaslar:

M.Abduktör Hallusis, kalkaneusun tüberasitasının mediyal

prosessusundan ve plantar aponeurosisden başlar, baş parmağın proksimal falanksının tabanının mediyal kenarına, bazı lifleri ise baş parmağın sesamoid kemiğinin proksimaline yapışır. Sinirini N.Plantaris Medialis'den (L_5, S_1) alan bu kasın fonksiyonu, baş parmağı ikinci parmaktan ayırmaktır.

M.Fleksör Digitorum Brevis, plantar aponeurosis ve kalkaneusun tüberasitasının mediyal prosessusundan başlar, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakların orta falankslarının kenarlarına, iki tendona ayrılarak yapışır. Sinirini N.Plantaris Medialis'den (L_5, S_1) alan bu kasın fonksiyonu, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmaklara fleksiyon hareketi yaptırmaktır.

M.Abduktör Digiti Minimi, ayağın lateral kenarında yer alır ve mediyalde lateral plantar damarlar ve sinirlerle ilişkidir. Kalkaneusun tüberasitasının lateral prosessusundan başlar, beşinci parmağın proksimal falanksının tabanının lateral kenarına yapışır. Sinirini N.Plantaris Lateralis'den (S_{1-2}) alan bu kasın fonksiyonu ise beşinci parmağa abduksiyon hareketi yaptırmaktır (74,98).

B. İkinci Tabakada Yer Alan Kaslar:

M.Fleksör Digitorum Aksesoryus (Quardatus Plantea), uzun plantar bağ tarafından iki başa ayrılır, kalkaneusun inferior yüzünün lateral kenarı ve mediyal yüzünden başlar, M.Fleksör Digitorum Longus'un tendonuna yapışır. Sinirini N.Plantaris Lateralis'den (S_{1-2}) alan bu kasın fonksiyonu, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmaklara fleksiyon hareketi yaptırmaktır. Bu kas bazen olmayabilir.

Lumbrikal kaslar dört tanedir ve mediyal kenarda sıralanırlar. Bu kaslar M.Fleksör Digitorum Longus'un tendonlarından başlarlar, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmaklara yapışırlar. Birinci Lumbrikal kas sinirini N.Plantaris Medyalis'den (L_5, S_I), diğer üç Lumbrikal kas ise N.Plantaris Lateralis'den (S_{I-2}) alır ve bu kasların fonksiyonu, ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakların distal falankslarına ekstansiyon, proksimal falankslarına fleksiyon yaptırmaktır (74,98).

C. Üçüncü Tabakada Yer Alan Kaslar:

M.Fleksör Hallusis Brevis, kuboid kemiğin inferiyor yüzünün mediyalinden başlar, tendonlara ayrılarak baş parmağın proksimal falanksının tabanının mediyal ve laterale yapışır. M.Fleksör Hallusis Brevis'in tendonları arasındaki oluktan M.Fleksör Hallusis Longus'un tendonu geçer. Sinirini N.Plantaris Medyalis'den (L_5, S_I) alan M.Fleksör Hallusis Brevis'in fonksiyonu, baş parmağın proksimal falanksına fleksiyon hareketi yaptırmaktır.

M.Adduktör Hallusis, iki başlı olup, başları oblik ve transvers olarak yükselmektedir. Oblik olan başı ikinci, üçüncü ve dördüncü metatarsallerin proksimal uçlarından, transvers başı ise üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakların metatarsofalangial başlarından başlar, baş parmağın proksimal falanksının lateral kenarına ve lateral sesamoid kemiğe yapışırlar. Sinirini N.Plantaris Lateralis'den (S_{I-2}) alan bu kasın fonksiyonu, baş parmağı ikinci parmağa yaklaştırmaktır.

M.Fleksör Digiti Minimi, beşinci metatarsal kemiğin prok-

simal ucundan başlar, küçük parmağın proksimal falanksının proksimal ucunun lateral kenarına yapışır. Sinirini N.Plantar lateralis 'den (S_{I-2}) alan bu kasın fonksiyonu, beşinci parmağın proksimal falanksına fleksiyon hareketi yaptırmaktır (74,98).

D. Dördüncü Tabakada Yer Alan Kaslar:

Dorsal Interossealler, dört tane olup, çift taraflı metatarsal kemikler arasında yer alan kaslardır. Her bir kas metatarsal kemiklerin birbirine bakan yüzlerinin kenarlarından iki baş ile başlar, birinci falanksların proksimal uçlarına yapışırlar. Sinirini N.Plantar lateralis 'den (S_{I-2}) alan bu kaslardan birinci Interosseal 'in fonksiyonu, ikinci parmağı baş parmağa çekmek, diğerlerinin ki ise ikinci, üçüncü, dördüncü parmakları baş parmaktan uzaklaştırmak ve ikinci, üçüncü, dördüncü parmakların distal falankslarına ekstansiyon, proksimal falankslarına fleksiyon hareketi yaptırmaktır.

Plantar Interossealler ise üç tane olup, tek taraflı kaslardır. Her biri metatarsal kemiklerin altına yapışarak uzanırlar. Bu kaslar üçüncü, dördüncü ve beşinci metatarsal kemiklerin cisimlerinin mediyal kenarlarından başlar, M.Ekstansör Digitorum Longus 'un tendonlarına ve aynı parmakların proksimal falankslarının mediyal kenarına yapışırlar. Sinirini N.Plantar lateralis 'den (S_{I-2}) alan bu kasların fonksiyonu ise üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakları ikinci parmağa çekmek, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmakların distal falankslarına fleksiyon hareketi yaptırmaktır (74,98).

Ayağın plantar yüzünde yer alan kaslar, bağlar ve deri al-

tı yağ dokusu, ayak kubbesi boşluğunun büyük bir kısmını doldurarak ayağın yere temas yüzeyini arttıırırlar. Ayak kaslarının hareket açısından rolleri azalmış, fakat statik rolleri artmıştır. Yürüyüş sırasında parmakların yere temasında en gerekli hareket fleksiyondur. Parmakların abduksiyon ve adduksiyon hareketleri ile falanksların tek tek fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri yok denecek kadar azalmıştır (98).

Mann ve Inman, ayağın intrinsik kaslarının fazik aktivitesi üzerine yaptıkları son çalışmada, bu kasların bir bütün olarak fonksiyon gördüklerini, yürüyüş sırasında ayağın stabilizasyonunda önemli bir role sahip olduklarını göstermişlerdir (57).

AYAĞIN FONKSİYONLARI

Ayak, önemli iki fonksiyona sahiptir:

I. Ayakta dururken vücut ağırlığını taşımak,

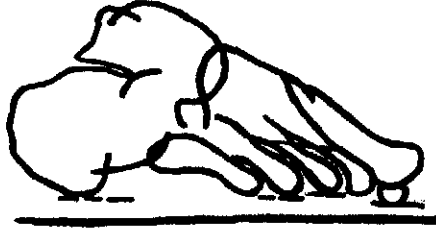
II. Yürüme,koşma ya da sıçramada, vücudu öne doğru hareket ettirmek için bir kaldıraç gibi fonsiyon görmek.

I. Ayakta Dururken Vücut Ağırlığını Taşımak: Ayağın bu fonksiyonunun incelenmesinde, ayakta durma ve hareket sırasında basınçları ayırdetmede uygun plâtıformların kullanılması gereklidir. Ayrıca, bu testler esnek, pürüzlü ve çamurlu yüzeylerde de yapılmalıdır (98).

Ayakta, herbiri tek başına vücut ağırlığını taşıyabilecek yeteneğe sahip, üç ağırlık taşıma sistemi vardır. Bu sistemler, giriş, ark ve kas işlevidir. Bu üç sistemin herbiri

belirli noktadan aldığı ağırlığı topuk ve metatarsal başlar aracılığı ile yere aktarmaktadır (48,74,91,98,100,101).

Ayağın mekanik olarak beş üniteden meydana geldiği düşünülebilir. Bu beş ünite o şekilde dizilmiştir ki, ağırlık taşındığı zaman metatars başları ile kalkaneusun tüberositası aynı düzlemde olur. Ancak, bu ünitelerin ağırlığı paylaşma oranları, metatars başlarının uzun ya da kısa olmasına göre değişmektedir (Şekil 7).



Şekil 7: Ağırlık Taşımada Normal Bir
Ayağın Görünümü
(Evans, G.F.: Biomechanical studies
of the Musculo-Skeletal System).

Metatars başları kısa ise daha fazla yük, hafif uzun ise daha az yük taşıyacaktır. Bu ağırlık taşıyıcı kemik noktalarca sınırları çizilen düzlem, ayağın ağırlık taşıyıcı alanını meydana getirir. Vücut yerçekimi hattının bu düzlemi kestiği nokta, denge noktasıdır (48).

İlk bakışta, ayrı kemiklerden oluşan bir yapının giriş olarak fonksiyon görmesi imkansızmış gibi gelebilir, fakat plantar bölgede bu kemikleri bağlayan çok kuvvetli bağların bulunması, bu durumu açıklamaktadır (48).

Ayağın kemikleri ve bağları kalacak şekilde kasları çıkartıldığında, vücut ağırlığını doğal bir şekilde yere iletebilmektedir. Bu durumda ark, sert eğimli bir kırılgan gibi fonksiyon görür. Arkın hafifçe düzleştiği durumda, plantar bağlar gerilim, kemikler ise baskı altındadır. Yüklenmiş bir kırılgan durumu ortaya çıkar. Yüklenmiş bir kırılgan da daima hafif bir eğim meydana gelir ve bu eğimin derecesi, yük ile orantılıdır (48,91).

Vücut ağırlığının plantar ark üzerine etkilerini araştırmak için Smahel (1980), 70 normal erkek ile 60 kadın üzerinde ayak izlerinin planimetrik analizlerini yapmıştır. Ayrıca, kişileri vücut ağırlığına bağlı olarak basınç altında kalan ve kalmayan alanların oranlarına göre de ayırmıştır. Bu iki alanın oranlarında vücut ağırlığının artışına bağlı olarak hızla artma görülmesi planimetrik indeks ile değerlendirilmiş, bu oranda artma, vücut ağırlığının artmasının plantar ark üzerine zararlı etkisini göstermiştir, fakat seksler arasında fark bulunmamıştır (87).

Metatarsallerin, özellikle orta üç metatarsalin yük taşımak için oldukça zayıf görünmelerine karşın, yapılan çeşitli deneyler bunların birlikte çalışırken kırılmadan vücut ağırlığının üç, dört katını taşıyabileceklerini göstermiştir(48).

Ayağa binen ağırlığın dağılım noktalarının tayininde birçok çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalardan standart kabul edileni, duruş fazında ayağın yere temas noktaları olan topuk ve metatarsal başlarda ağırlığın %50 , %50 olarak dağıldığıdır. Ağırlığın %50'si kalkaneusta, diğer %50'nin, %25'i birinci metatarsal başta, %25'i ise ikinci, üçüncü, dördüncü

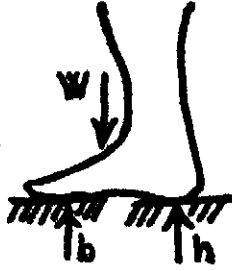
ve beşinci metatarsal başlarda taşınmaktadır (81,84,91,98,101).

Stott ve arkadaşları (1973), çıplak ayakla yürüme sırasında ayağın çeşitli bölgelerinde vertikal yük dağılımını hesaplamaya çalışmışlar, bu amaçla transdüser yerleştirilmiş kuvvet plakları kullanmışlar ve 7'sinde ayak anomalisi bulunan 14 kişi üzerinde araştırmalarını yapmışlardır. Çıkartılan sonuçlar ise özellikle ayakta dik durma pozisyonunda ayağın orta kısmına düşen yükün çok az olduğu ve bu yükün, toplam vücut ağırlığının %3-15'i arasında bulunduğudur. Bu alana düşen yük, pas planus, ayak bileğinde varus defermitesi olan ve aşırı şişman kişilerde artmaktadır. Metatars başlarına yük dağılımını ise kişilere göre oldukça farklı bulmuşlar ve burada da en önemli etkenin metatarsların boyu olduğunu belirtmişlerdir(92).

Aharoson ve arkadaşları (1980) da, Arkan ve Brull tarafından geliştirilen yeni bir yansıtıcı ile ayakta durma sırasında ayağın çeşitli bölgelerine yük dağılımını hesaplamaya çalışmışlardır. Bu amaçla, yaşları 4 ila 6 arasında değişen, 18'i erkek, 28'i kadın 92 kişiyi denek olarak kullanmışlar, araştırmanın sonunda vücut ağırlığının dağılımında, normal ayakta üç alan gözlemişlerdir. Bu alanlar, anterior, orta ve posterior olmak üzere ayrılmaktadır. Posterior alanın, total vücut ağırlığının %61'ini, anterior alanın %35'ini, ortada kalan alanın ise total vücut ağırlığının %4'ünü taşıdığını bulmuşlardır. Daha küçük çocuklarda, çeşitli şiddetlerde olan kalkaneovalgus ve talusun plantar fleksiyonunda orta alana binecek yükün %10 ya da daha fazla olacağını söylemişlerdir (2).

Narman ve arkadaşlarının (1983) yaptıkları çalışmada ise vücut ağırlığının, Newton'un üçüncü kanununa göre anti-gravitasyonel reaksiyon olduğu, ayakta dik durma pozisyonunda topuğa ve metatarsal başlara düşen toplam yükün, vücut ağırlığına eşit olacağı, o halde kalkaneus ve metatarsal başlara düşen yüklerin tayininin ayagın ön ve arkasına düşen ağırlıkları kabaca vereceği görüşünden hareket ederek, araştırma için aynı yükseklikte iki yer terazisini sert bir zemine yerleştirerek kullanmışlardır. 28 denek üzerinde yapılan ölçümler sonucu vücut ağırlığının %60'ının kalkaneus üzerine, %40'nın ise metatarsal başlara düştüğünü bulmuşlardır (69).

Ayak, vücut ağırlığı ile yüklenmiş ve topukta desteklenmiş bir kiriş fonksiyonu gördüğüne göre (48,91), ayak üzerine etki eden üç düzleştirici kuvvet vardır (Şekil 8).



W: Vücut ağırlığı

h: Topuğa yerin basıncı

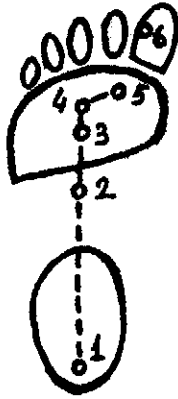
b: Metatars başlarına yerin basıncı

Şekil 8: Ayağa Etki Eden Kuvvetler.

(Evans, G.F: Biomechanical Studies
of the Musculo-Skeletal System)

Üç düzleştirici kuvvetten vücut ağırlığı, yerçekimi merkezin-den aşağıya doğru inen vertikal bir doğru üzerinde etki etmektedir (37,48,91). Vücut sürekli pozisyon değiştirdiği için

bu vertikal doğrunun, ayağın ağırlık taşıyan alanı üzerine düştüğü yer de değişmektedir. Bu nedenle, yürümenin duruş fazında ağırlık noktasının alanı içerisindeki konumu (Şekil 9) da gösterilmiştir. Ayakta duruş fazında, ağırlık noktasının



Şekil 9: Duruş Fazında Ağırlık Noktasının Konumu.

(Evans, G.F.: Biomechanical Studies of the Musculo-Skeletal System)

bu alanlar içerisinde düşmesi gerekir, fakat bu sınırlar içerisinde sürekli yer değiştirir. Eğer sınırların dışına çıkarsa denge kaybolur. (48).

AYAĞIN DENGESİ SİSTEMİ:

Yerçekimi hattı, ayak bilek ekleminin minimum 2 cm., maksimum 6 cm., ortalama 3,5- 4 cm. önünden geçer(48,91),

fakat ayakta hareketsiz duruş sırasında bile vücudun yaptığı ufak dengeleme hareketleri ile ana noktadan 1,5 - 5 cm. öne ve arkaya kayma gösterir. Vücut, lateral dengeyi sağlamak için lateral ve mediyale de hareket eder. Bu nedenle denge noktası ayağın ağırlık taşıyan alanları içinde kalmak şartıyla lateral ve mediyale hareket eder. Öne ve arkaya olan hareket tibiotalar ekleminde, yanlara olan hareket ise talokalkaneonavikular ekleminde meydana gelir ve bu sırada ayak pramit şeklinde yerle temasını korur (48).

Tek ayak üzerinde dengenin iki kısımda ele alınması gerekir:

I. Vücudun ayak üzerindeki dengesi,

II. Ayakın yer üzerindeki dengesi.

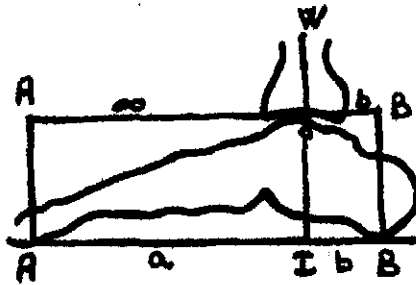
Bu iki denge, frontal ve sagittal olmak üzere iki düzlemde meydana gelir. Sagittal düzlemde, tibiotalar eklem etrafında, frontal düzlemde ise talokalkaneonavikular eklem etrafında denge sağlamaktadır (48).

I. Sagittal Düzlemde Vücudun Ayak Üzerinde Dengesi: Yer-

çekimi hattının ayak bileği ekleminden geçtiği düşünülürse, aktif kas kuvvetine gereksinim yoktur(48,91,98), çünkü bu durumda yerçekimi kuvvetinin hiçbir rotatör komponenti gelişmez.

Bu, şu şekilde formüle edilebilir: Anteriyor reaksiyon $\times$ Bu reaksiyonun yerçekimine olan uzaklığı = Posteriyor reaksiyon $\times$ Bu reaksiyonun yer çekimine olan uzaklığıdır ($Aa = -Bb$)

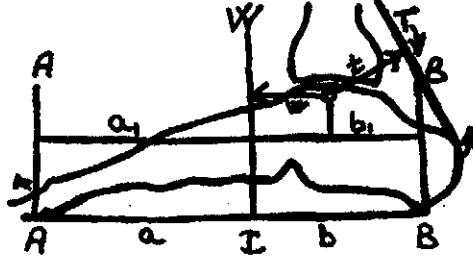
(Şekil 10) (48,91).



Şekil 10: Yerçekimi Hattı Eklem Merkezinden Geçtiğinde Sagittal Düzlemde Denge.

$$Aa = - Bb$$

(Steindler, A: Kinesiology)



Şekil 11: Yerçekimi Hattı Eklem Önünden Geçtiğinde Sagital Düzlemde Denge.

1. Doğrusal: $Aa=Bb$

2. Rotatör : $Ww=Tt$

(Steindler,A: Kinesiology)

Normalde ise yerçekimi hattı eklem merkezinden değil, 3,5-4 cm. önünden geçtiği için aktif kas kuvvetine gereksinim vardır (48,91,98). Burada, doğrusal ve rotasyon doğuran kuvvete karşı dengenin sağlanması gerekir.

1. Doğrusal Kuvvet Dengesi: $Aa=Bb$,

2. Rotasyonel Kuvvet Dengesi ise: ($Ww=Tt$) Yerçekimi hattının kendi kuvveti x Yerçekimi hattının eklem merkezine olan uzaklığı=Kasın kuvveti x Kasın kuvvet koluna olan uzaklıktır (Şekil II) (48,91). Yerçekimi hattı eklemden ne kadar uzaksa, posteriyor grup kasların sarfedeceği aktif kuvvet o kadar fazla olur, aksi halde kişi öne düşer (91, 98,100).

II. Sagital Düzlemde Ayağın Yer Üzerindeki Dengesi: Vücut, kasların kontrolü altında öne ya da arkaya doğru eğildiğinde dominant faktör, ayağın yer üzerindeki dengesi olmaktadır. Ancak, yerçekimi hattı kendi tabanına düşen cisim dengesini koruyabilir. Bu nedenle, insan vücudu gibi üstü geniş, yer ile temas alanı ufak olan bir yapının dengesinin bozulması oldukça kolaydır. Denge noktası, metatars başlarının hemen önünden topuğa kadar uzanan alan içerisinde hareket edebilir ve bu alan aşağı yukarı 8 inch (20 cm) dir. Bunun dışına çıktığı zaman kişi dengesini korumak için öne ya da arkaya adım almak zorunda kalır (48).

Frontal Düzlemde Vücudun Ayak Üzerinde, Ayağın Yer Üzerinde Dengesi: Antero-posteriyor düzlemde geçerli kurallar, bu düzlemde de geçerlidir. Ayağın invertörleri, ayakta süpinasyon evertörleri ise pronasyon hareketi meydana getirirler. Süpinasyon ve pronasyon hareketleri, inversiyon ve eversiyon hareketlerinin tek komponenti değildirler. Tek ayak üzerindeki kişi kendini dengelemeye çalıştığı zaman ayağın önce mediyali, daha sonra da laterali kuvvetlice yere basar. Bunun asıl amacı, vücudun mediyale ve laterale daha fazla hareketini engellemektir. Talokalkaneonavikular eklemin, tibiotalar eklemden farkı, talokalkaneonavikular eklemin ekseninin antero-posteriyor yönde düz olmayıp, tüm referans düzlemlerini oblik olarak geçmesindendir.

Ayağın süpinasyon ve pronasyon hareketlerinin yanında, bacakta da internal ve eksternal rotasyon hareketleri meydana gelir. Kişi, laterale düşme eğilimini yenmeye çalıştığı zaman in-

ternal rotasyon, mediyale düşme eğilimini yenmeye çalıştığı zaman ise eksternal rotasyon yapmaktadır. Bu hareketler kalça ekleminde başlamazlar, fakat pasif olarak meydana gelirler. Talokalkaneonavikular eklemin yaralanma ya da hastalık gibi herhangi bir nedenle hareketliliğini kaybettiği kişiler, rotasyon hareketleri meydana gelmediği için tek ayak üzerinde denge sağlayamazlar. Böyle kişilerin tek ayak üzerinde tutularak yanlara olan dengelerinin bakılmasıyla, talokalkaneonavikular eklem test edilir (48).

II. Yürüme, Koşma ya da Sıçramada, Vücudu Öne Doğru Hareket Ettirmek İçin Bir Kaldıraç Gibi Fonksiyon Görmesi: Ayağın bu fonksiyonunu yerine getirebilmesi için kuvvetli kas kontraksiyonu ya da vücut ağırlığı altında eğilmeyecek esnek ve güçlü bir değişime sahip olması gerekir. Ayak tabanındaki yumuşak dokunun görünümü değişik yaşlarda, farklı şekildedir. Ayakta normalde arklar görülür ya da iskeletin temelinde eğimler meydana gelir. Bu durum, çoğunlukla ayak tabanındaki konkavite ile beraberdir. Konkavitesi olan ayak, ona yardımcı olan longitudinal ve transvers arkları ile birlikte analiz edilir. Arklar, özellikle longitudinal ark ve onun mediyal parçası, kişilerde farklı yüksekliğe sahiptir. Hatta dinamik olduğu için aktivitenin değişik aşamalarında aynı kişide bile farklılık göstermektedir (13,48,91,98,101).

Ayağın longitudinal arkı, mediyal ve lateral komponentlerden meydana gelmektedir. Bu komponentlerin farkı, kemiklerin düzenlenmesi, mediyal ve lateral kısımların değişik fonk-

siyonlara sahip olmaları nedeniyledir (74,91,98,100).

Mediyal Longitudinal ark, kalkaneus, talus, navikula, üç kuneiform kemik, mediyal üç metatarsal ve mediyal kuneiformdan meydana gelir (74,84,91,98,100,101). Bu arkın en uzun yeri, kalkaneusun yere temas ettiği nokta ile ikinci metatarsal dizinin yere temas ettiği nokta arasında olup, erişkinde 17-23 cm. arasında değişmektedir. Mediyal longitudinal arkın en yüksek noktası, tibianın tüm itici gücünü alarak arkaya kalkaneusa, öne ise navikula, kuneiform kemiklere ve üç metatarsal kemiğe aktarır (48,81,91,98). Bu arkın desteklenmesinde M.Tibialis Posteriyor, M.Fleksir Digitorum Longus ve İntrinsik kaslar, plantar bağlar ve fasyaya yardım ederler (74,84,91,98,100,101).

Basmajian ve Stecko (1963), arkların korunması ile ilgili üç teoriyi araştırmışlardır. Bu teoriler:

1. Arklar yalnız kas kontraksiyonu ile korunur,
2. Arklar yalnız pasif oluşumlarla (kemikler ve bağlar) korunurlar,
3. Pasif yapılar ve kas kontraksiyonlarının kombinasyonu ile korunurlar.

Araştırma için 20 genç erkek alarak, altı kas üzerinde elektromyografik çalışma yapmışlardır. Bu kaslar, M.Tibialis Anterior, M.Tibialis Posteriyor, M.Peroneus Longus, M.Fleksör Hallusis Longus, M.Abduktor Hallusis ve M.Fleksör Digitorum Brevis'dir. Erkeklerin bir ayağının üzerine 100-200 paundluk (45-90 kg) ağırlık konulduğunda, arkların desteklenmesi pasif

yapılar (kemikler ve bağlar) tarafından karşılanmaktadır. 400 paundluk (180 kg.) bir ağırlıkta kaslar aktif rol oynamaya başlamış, fakat bir çok lifin hala inaktif olduğu görülmüştür. Buradan, arkları birinci derecede destekleyen yapıların bağlar olduğu ancak, kasların yürümede parmakların yerden kalkmaya başladığı anda fazla yük binmesiyle refleks olarak aktifleştikleri sonucuna varmışlardır (13).

Lateral longitudinal ark ise kalkaneus, kuboid, lateral iki metatarsal kemik ve lateral iki falanksdan meydana gelir (74,84,91,98,100,101). Bu arkın en yüksek noktasının subtalar eklem olduğu kabul edilir ve bu nedenle de, iskelet bakımından mediyal longitudinal arkten çok daha aşağıda yer alır. Lateral longitudinal arkın çok düşük olması nedeniyle asıl fonksiyonu, vücut ağırlığını yere aktarmaktır. Bu arkın aktivitesinde rol oynayan kaslar, M.Peroneus Longus ve beşinci parmağın kısa kaslarıdır (74,91,98,100,101).

Topuk yerden kalkarkalkmaz, yürümeye ya da parmak ucunda durmaya hazırlık olmak üzere parmaklar ekstansiyona gelir ve kassal yapılar, plantar aponeurosis dahil longitudinal arklar gerilerek belirgin bir duruma geçerler (59,74,81,98,100,101).

Transvers ark, metatarsaller ile distal tarsallerin eklemleşmesi sonucu meydana gelir. Ayakın mediyalinden, laterale uzanan transvers ark, tabanın alt kısmından yumuşak dokuları ile birlikte sadece mediyalde kuvvetleri yere aktarmaktadır (59,81,84,91,98,100,101). Bu yapısal analizler, ayak birlik-

te olan aktivitelerinin incelenmesinde başlangıç olarak önemlidir. Bu yapıların doğrudan gözlenmesi, EMG bulgularının eklenmesi, kinezyoloji ve klinik verilerin hepsi doğal kullanım sırasında ayaktaki dinamik olayların tam kavranması için gereklidir (98).

Yürüme, koşma, atlama ve tırmanma gibi hareketler sırasında ekonomik ayakta duruştan kesin bir ayrılma vardır. Bütün gövde, kol ve bacak kasları harekete katılabilir ve esas fonksiyon gören kas, fiksator ya da stabilizatör olarak çalışabilir. Koşma ve zıplamada kollar denge sağlamak ve hızı arttırmak için sarkaç gibi sallanırlar (74,81,98,100).

Hareket ile ilgili çalışmalarda dikkat en fazla yürümeye ve burada kasılıp, gevşeyen kaslar üzerine çekilmiştir. Normal yürümenin öğrenilmesi, patolojik yürümenin tayini ve protez, cihaz kullananlarda minimal enerji sarfı ile maksimal verim ortaya konması için gereklidir (81,91,100).

Yürüme; Yerçekimi merkezinin öne doğru yer değiştirmesine paralel olarak alt ve üst ekstremitelerin, gövdenin ritmik, alternatif yer değiştirmesi olarak tanımlanır (74, 91,100). Yürümenin tam olarak anlaşılması için bazı terimlerin bilinmesi gerekmektedir;

I. Yürüme Periyodu (Gait Cycle): Bir alt ekstremitenin topuk vuruşundan, aynı alt ekstremitenin ikinci topuk vuruşu arasında geçen zamandır. Bu periyod içerisinde başlıca iki alt grup vardır;

a. Duruş Fazı (Stance Phace),

b. Sallanma Fazı (Swing Phace) (59,66,74,81,91,98,100).

Yürüme periyodunun %60'ını duruş fazı, %40'ını ise sallanma fazı meydana getirir.

a. Duruş Fazı; Bu faz içerisinde de alt gruplar vardır.

1. Topuk vuruşu (Heel Strike)+ Topuğun yere teması, duruş fazının %10'unu kapsar.

2. Ayak tabanının yere teması (Foot Flat) ve ağırlığın yere destek olan ayak üzerine aktarılması (Mid Stance); Duruş fazının %10-%40'ı arasındaki kısmı kapsar.

3. Topuğun yerden kalkması (Heel off); Duruş fazının %40'ında başlar, topuğun yerden kalkması ile parmakların yerden kalkması arasında geçen zamana itme fazı (Push- Off) denir ve iki periyod birden yürümenin %20'lik zamanını kapsamaktadır (37,95,100).

b. Sallanma Fazı, üç alt gruba ayrılır.

1. Akselerasyon (Acceleration); Parmakların yerden kalkması ile başlar ve sallanan bacağın yerde destek olanın yanına gelmesine kadar devam eder.

2. Sallanmanın orta fazı (Mid Swing); Sallanan bacağın yerde destek olanın yanına gelmesidir.

3. Deselerasyon (Deceleration); Sallanmanın orta fazından, sallanan ekstremitenin topuk vuruşuna kadar geçen zamandır (59,81,95,100).

II. Çift Destek Periyodu (Double Support Cycle): Her iki alt ekstremitenin yerle temas ettiği andır. Bir ekstremitenin topuk vuruşu ile karşı ekstremitenin parmak kalkışından önceki zamandır (74,91). Normal yürümenin %20-30'unu kapsar, hızlı yürümede azalır, koşmada ortadan kalkar (81,91,100).

Yürümede ayak bileği analizinde, eklemin sagittal düzlemde topuk vuruşu ile orta duruş fazı arası; Orta duruş fazı ile parmakların yerden kalkması arası; Parmakların yerden kalkması ile sallanma fazı arası kinematik ve kinetik analizlerinin yapılması gerekir.

Kinematik analizde, eklemlerde meydana gelen hareketler incelenmektedir. Kinetik analizde ise harekete bakmadan hareketi oluşturan kuvvetler analiz edilir. Eklemlerde hareket açığa çıkartan kuvvetler iki tanedir;

1. Eksternal kuvvetler, yerçekimine eşit olduğu için tayini kolaydır.

2. İnternal kuvvetler, kasların fonksiyonu ile ortaya çıktığı için tayini zordur (37,91).

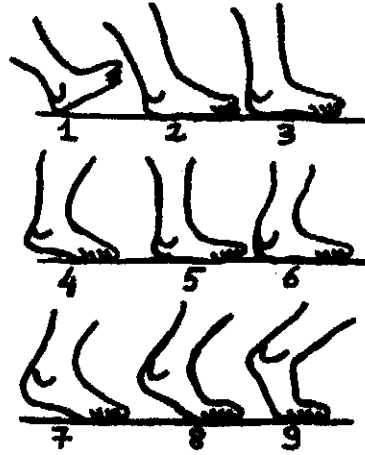
Topuk Vuruşu ile Orta Duruş Fazı Arasında Ayak Bilek Ekleminin Kinematik Analizi: Topuk vuruşunda, tibianın uzun eksenini ile ayağın uzun eksenini arasında 90 derecelik bir açı vardır. Nötral pozisyonda (Foot Flat) ayak 15 derecelik plantar fleksiyona gider, orta duruş fazında ise 3-5 derecelik dorsifleksiyon meydana gelir (56,83). Nötral pozisyonda fanlankslar, metatarsallere göre 20 derece ekstansiyondadır (Şekil 12) (59).

Kinetik Analiz:

1. Eksternal kuvvetler; Topuk yere vurduğu zaman yer reaksiyonu meydana gelir. Bu reaksiyonun horizontal ve vertikal olmak üzere iki komponenti vardır. Bu iki komponentin bileşkesi, ayak bilek ekleminin önünden geçer. Bileşke kuvvet

incelenmiş, 2 foot paundluk bir kuvvetle (0,2764 kgm) ayağı dorsifleksiyona zorladığı bulunmuştur. Tibia, talus üzerinde öne doğru rotasyon yaparken, ayak topuk vuruşundan orta duruş fazına geçmeye başladığında, bileşke kuvvet ayak bilek ekleminin arkasına kayarak plantar fleksörlerin yerine geçer. Ayağın nötral pozisyonunda bu kuvvet, 25 foot paunda (3,4550 kgm) ulaşır. Orta duruş fazında ise bileşke kuvvet ayak bilek ekleminin önüne geçerek ayağı dorsifleksiyona zorlar.

2. Internal kuvvetler; Topuk vuruşundan hemen sonra bileşke kuvvet ayak bileğinin arkasına kayacağı için M.Tibialis Anterior, M.Ekstansör Hallusis Longus, M.Ekstansör Digitorum Longus aktif duruma geçerek, ayağın yere çarpmadan temasını sağlarlar (37,91,100).



Şekil 12: Ayak Bileğinin Kinematik Analizi
(Lelièvre, J.:Pathologie du Pied).

Orta Duruş Fazı İle Parmakların Yerden Kalkması Arasında Ayak Bilek Ekleminin Kinematik Analizi: Orta duruş fazında ayak bileği 3-5 derecelik dorsifleksiyondadır. Topuğun yerden kalkması ile ayak bileğinde 15 derecelik dorsifleksiyon meydana gelir ve parmakların kalkması ile 20 derecelik plantar fleksiyona gider (56,83). Topuğun yerden kalkması ile parmakların yerden kalmasından önceki (Push Off) zamanda parmaklar 70-90 derece arası dorsifleksiyona giderler (Şekil 12) (59,81).

Kinetik Analiz:

1. Eksternal Kuvvetler; Orta duruş fazından hemen sonra tibia, talus üzerinde öne doğru rotasyona başlar. Bu nedenle, bileşke kuvvet ayak bilek ekleminin önünden geçerek ayağı dorsifleksiyona zorlar. Topuğun yerden kalkmasını takiben bu eksternal kuvvet 80 foot paunda (11,056 kgm) çıkar ve parmakların yerden kalkması ile 0'a düşer.

2. İnternal Kuvvetler; Ayağın itme fazında, ayağı dorsifleksiyona zorlayan eksternal kuvvet, plantar fleksörler tarafından karşılanır ve bu kaslarda aktivite maksimumdur (37,74,91,98,100).

Sallanma fazında, ayak bileği ve parmaklar ayağın yere temasını engellemek için dorsifleksiyondadırlar. Bütün faz boyunca M.Ekstansör Digitorum Longus, M.Ekstansör Hallus Longus aktif durumdadır (37,59,74,91,100).

Koşmada bütün hareketler yürümeye benzer, fakat to-

puklar yere temas etmez ve itme, tamamen ayağın ön kısmıyla yapılır. Ayrıca, vücut kendi momentumu ile öne taşınarak bir süre tamamen desteksiz kalır (74,91,98,100).

Koşmaya benzeyen bir desteksiz hareket de zıplamadır. Tek ayak üzerinde ya da iki ayakla yapılabilmektedir. Koşma ve zıplamada ayağın plantar fleksörleri aktif durumdadır (59,74,81,91,100).

A Y A Ğ I N - P A T O M E K A N İ Ğ İ

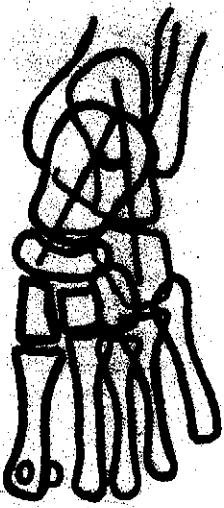
Ayağın fonksiyonel anatomisinin ve mekanizmasının bilinmesi, ayak deformitelerine sebep olan rahatsızlıkların, sistematik nöromusküler sistemin ve normal ayağın gelişiminin anlaşılması açısından önemlidir (84).

Normal ayağın ne olduğu hala tartışılmakla birlikte, değişmeyen, dengeli ayak olarak düşünülmekte, üzerine ağırlık verildiği zaman aşağıdaki kriterleri koruyan ayak olarak nitelendirilmektedir (2,39,91);

Klinik Muayene; Topukların tibia ile nötral pozisyon-
da olması gerekir. M.Triseps Surae'nın ortasından geçen dü-
şey eksen, topuğu iki eşit parçaya bölmelidir. Ayağın ön
kısmı eversiyon ya da inversiyonda değil düz olmalıdır.
Topuğun plantar yüzünü iki eşit parçaya bölen hat, ikinci
ve üçüncü parmakların arasından geçmelidir. Doğundan sonra
ilk 12 ayda klinik olarak longitudinal ark görülmemektedir.
16 ila 24' üncü aydan sonra ayağa ağırlık verildikçe adi-
poz doku kaybolarak uygun longitudinal ark gelişmeye baş-
lar. Ayakta durma pozisyonunda, longitudinal arkın düzleş-
memesi gerekir (2,17,27,39,84).

Radyolojik Muayene; Ayak bileğinin ve ayağın rönt-
genleri anteroposterior, lateral ve oblik olarak ayağa
ağırlık verildiği zaman çekilmelidir. Bu durumda tarsal

ve metatarsal kemiklerin pozisyonları, ilişkileri gözlenmektedir. Ayrıca, röntgen üzerinde talusun plantar fleksiyon açısı, kalkaneusun dorsifleksiyon açısı, dorsoplantar talonavikular açı ya da anteroposterior talokalkaneal açının gözlenme olanağı sağlanır (2,17,27,39,84). Bu açıların değerleri farklı yazarlara göre değişmekle birlikte ortalama değerleri şöyledir:



Şekil 13: Talokalkaneal Açı.
(Steindler, A.: Kinesiology).

Talokalkaneal Açı; Normalde kalkaneusun uzun eksenini beşinci metatarsale doğru, talusun uzun eksenini ise birinci metatarsale doğru çizilirse, 20 ila 40 derecelik değerler arasında değişen, ortalama 35 derecelik talokalkaneal açı meydana gelir. Bu değerlerin artması pes planusa, azalması ise pes kavusa sebep olmaktadır (2, 17, 39, 84, 91).

Dorsoplantar Talonavikular Açı; Talusun baş ve boynunu iki eşit parçaya bölen hat ile navikulanın cismine paralel çizilen hat arasındaki açı olup, normal derecesi 60 ila 80 derece arasında değişmektedir. Bu açının normal değerlerden sapması da, pes planus ya da pes kavusa neden olmaktadır (39).

Talusun Plantar Fleksiyon Açısı; Talusun baş ve boynunu iki eşit parçaya bölen hat ile horizontal düzlem arasında kalan açı olup, değeri farklı yazarlara göre şöyledir;

- a. Dwyer'e göre 20 derece,
- b. Giannetras'a göre 25,4 derece,
- c. Gamble ve Yale'ye göre de 21,8 derecedir (17).

Kalkaneusun Dorsifleksiyon Açısı; Kalkaneusun inferior kenarı boyunca uzanan hat ile horizontal düzlem arasındaki açıdır ve yukarda belirtilen yazarlara göre değerleri;

- a. Dwyer'e göre 25 derece,
- b. Giannetras'a göre 16,5 derece,
- c. Gamble ve Yale'ye göre de 25,8 derecedir (17).

Bleck ve Berzins (1977), yaptıkları araştırmada talusun plantar fleksiyon açısının 35 derece ya da daha az değerlerini normal kabul etmişlerdir (17).

Yukarda verilen bilgiler ışığında dengeli erişkin ayaklarını en iyi şu şekilde tanımlayabiliriz; Ayakta duruş pozisyonunda görünüşte iyi bir dengeye sahiptir ve göze çarpan kemik çıkıntıları yoktur. Longitudinal ark belirgindir. Vücut ağırlığı, topuk ve metatarsal başlara homojen olarak dağılmıştır. Ayak parmakları düz ve birbirine paraleldir. Topuklar nötral pozisyonda, kalkaneal tendon düzdür. Normal eklem hareketleri daha önce belirtilen sınırlar içerisindedir. Yürüme analizinde, yürümenin bütün fazları gözlenmektedir (2,17,27,39,84,88).

Ayakta meydana gelen deformiteler konjenital ve sonradan kazanılmış olmak üzere iki grupta incelenmektedir. Ayak deformiteleri bir ya da birkaç eklemi içerdği gibi, bunları çevreleyen yumuşak dokuları da içerebilir (6,84,91).

En yaygın ayak deformiteleri şunlardır;

Halluks Valgus: Birinci metatarsofalangial eklemden itibaren baş parmağın, birinci metatarsalin cisminde ve başına göre adduksiyonudur. Birinci metatarsal abduksiyondadır. Metatars başı büyük ve üzerinde bursa oluşabilir. Bursa içinde enflamasyon görülebilir (6,39,64,84,95,101,103).

Halluks Varus: Baş parmağın, birinci metatarsalin cisminde göre abduksiyonudur. Konjenital bir deformite olup, ayak ön kısmındaki varus ile beraberdir. Klinik muayenede baş parmak, ikinci parmaktan ayrılmıştır (6,39,84,95).

Halluks Rijidus: Baş parmağın metatarsofalangial ekleminde fleksiyon ve ekstansiyon limitasyonudur. Genellikle çift taraflı olup, metatarsofalangial eklemin osteoarthritis durumu ile ilgilidir (6,39,58,64,84).

Halluks Fleksus: Halluks malleolus da denilmektedir. Baş parmağın proksimal falanksında dorsifleksiyon, distal falanksında ise plantar fleksiyon vardır. Adölesan çağda meydana gelmektedir (103).

Halluks Limitus: Baş parmağın özellikle dorsifleksiyonunun limitlendiği durumdur. Eklem genişlemiş, hassas ve ağ-

rılıdır. Gençlerde yüksekte atlama ya da sert bir cisme vurma gibi travmalar sonucu meydana gelir (103).

Morton Parmağı: Konjenital olarak birinci metatarsalin kısa olmasıdır ve ağırlık doğrudan ikinci metatarsale aktarılmaktadır (6,55,84,91,95).

Digitus Quinti Fleksus: Beşinci parmağın fleksiyonudur. Burada M.Ekstansör Digitorum Brevis'in tendonu etkilemektedir (103).

Digitus Quinti Varus: Beşinci metatars abduksiyona giderken, beşinci parmağın adduksiyon ve dış rotasyon yapmasıdır (39,103).

Çekiç Parmak (Hammer Toe): Metatarsophalangial eklemden ekstansiyon, interfalangial eklemden ise fleksiyon kontraktürü vardır ve genellikle ikinci parmakta görülür. Çift taraflı olup, halluks valgus ile beraberdir. Ağrı interfalangial eklemin dorsal yüzünde meydana gelen nasır nedeniyledir (6,21,39,84,95,101,103).

Metatarsus Varus: Metatarsallerin mediyale deviasyonu ile birlikte ayacağın süpinasyonudur. Genellikle konjenitaldır (39,64,84).

Talipes Kalkaneus: M.Triseptus Sura ya da M.Peroneus Longus veya her iki kas grubunun paralizisi sonucunda anterior grup kaslar ayacağın ön kısmını yukarı kaldırırılar

ve ağırlık topukta taşınır. Lateral pozisyonda, kalkaneusun posteriyor kısmı öne doğru çıkar (39,74,84).

Talipes Ekinus (Equinus): M.Tibialis Anterior, M.Ekstansör Digitorum Longus ya da diğer dorsifleksörlerin paralizisi sonucu M.Trisept Sura'da kontraktür meydana gelir, topuk yukarı kalkar ve ağırlık parmaklarda taşınır. Çe-kiç parmak ve nasır en yaygın sonuçlarıdır (39,74,84).

Talipes Ekinus Varus (Clubfoot): Konjenital deformite olup, etyolojisi bilinmemekle beraber uterusdaki şartlar ve genetik faktörler birlikte rol oynamaktadır. Erkeklerde, kızlardan iki kat daha fazla görülmektedir. Deformite 1/3 bilateralidir. Ayak bileğini, tarsal ve metatarsal kemikleri etkilemektedir. Üç komponenti vardır. Bunlar;

1. Ayak bileğinde ekin,
2. Subtalar eklemdede varus,
3. Midtarsal eklemdede adduksiyon deformiteleri gözlenir.

Yumuşak dokudaki değişiklikler, kemik yapıda meydana gelen anomalilere uyum için ikinci derecede gelişir. Ayak ve ayak bileğinin posteriyor ve mediyal yüzündeki yumuşak dokular kısalır. M.Peroneus Longus ve Brevis'in paralizisi sonucu M.Tibialis Anterior ve Posteriyor'un çalışması nedeniyle ayak içe döner. Bu deformite poliomyelit ve spina bifida ile de oluşabilir (39,64,74,84).

Talipes Ekinus Valgus: M.Tibialis Posteriyor'un fonksiyon kaybı sonucu intrinsik plantar kaslar ya da M.

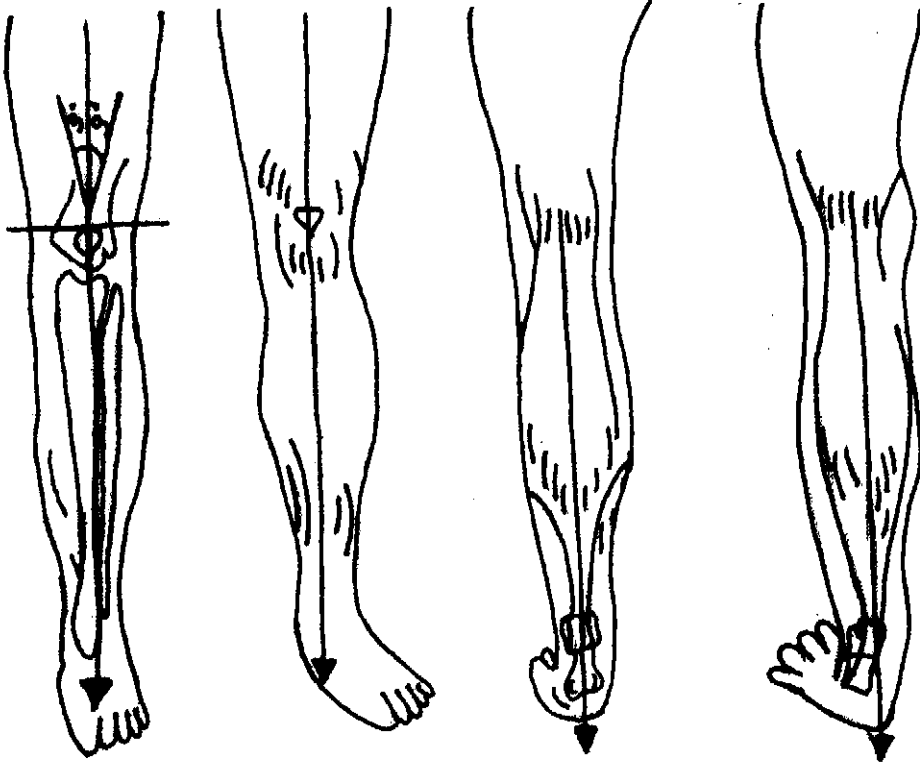
Peroneus Longus'un kontraktürüne bağlı olarak ayagın dışa dönmesidir (74).

Pes Kavus: M.Triseps Surae'nın fonksiyon kaybı sonucu meydana gelir. Kalkaneus öne doğru fleksiyona, talus dorsifleksiyona gider ve plantar fasya kasılarak çok yüksek bir ark meydana gelir. Bu durumda parmakların uzun ekstansörleri gerilir, parmaklar "cocked-up" şeklini alır, ayagın bu pozisyonu pençe ayak (Clawfoot) olarak bilinir (6,39,64, 74,84,95).

PES PLANUS (Flat Foot, Pronated Foot, Düz Tabanlık):

Ayagın mediyal longitudinal arkının azalması ya da tam kaybıdır. Ayak bilekleri içe doğru döner ve vücut ağırlığının büyük bir kısmı plantar bağlara biner, M.Tibialis Anterior, M.Tibialis Posterior ve intrinsik kaslar gevşer. Bu durum ayagın stabilitesini bozarak mediyal kenarın yere temasına neden olur (Şekil 14) (39,74,84,91).

Normal ayakta, navikulanın skafoid tüberkülü mediyal malleol ile birinci metatars başını birleştiren hat (Feiss hattı) üzerinde bulunur. Bu tüberkülün yere yaklaşmasına göre pes planus derecelendirilmektedir. Navukulanın skafoid tüberkülü, feiss hattından yere olan uzaklığın 1/3'i kadar düşmüşse I.derecede (hafif), 2/3'si kadar düşmüşse 2.derecede (orta), tamamen yere değiyorsa 3.derecede (şiddetli) olmak üzere üç şekilde kaydedilmektedir (6,39,74,95,101).



Şekil 14: Normal ve Pronasyondaki Ayağın Ön ve Arkadan Görünüşü.

(Rasch, J.P., Burke, K.R.: Kinesiology and Applied, Anatomy).

Hareket sırasında kuvvetin ileri doğru aktarılmasını M.Gastroknemius ve M.Soleus kasları sağlar. Gottlieb, ilk defa M.Triseps Surae'daki antagonistik ilişkiye dikkati çekmiştir. M.Triseps Surae'daki antagonistik fonksiyon longitudinal arkı düzleştirir, kısa plantar kaslar ise longitudinal arkın konveksitesini sağlamak için katkıda bulunurlar (74).

Bu durum Jones tarafından kural haline getirilmiştir. Bu kurala göre longitudinal arktaki baskı, ayak parmaklarının ucuna olan basınçla doğru orantılıdır. Ayak parmaklarında yükselen kişide aşıl tendonundaki kaldırma kuvveti, vücut ağırlığının iki katına eşittir. Bu kuvvetin büyük bir kısmı M. Triseps Surae tarafından kullanılmaktadır. M. Tibialis Posterior, M. Fleksör Hallusis Longus, M. Fleksör Digitorum Longus ve M. Peroneus Longus'un plantar fleksörler olarak fazla bir önemi yoktur. Plantar fleksiyon yapıldığında kuvvetin %5'ini sağlarlar. Uzun bacak kasları, longitudinal arkın yükselmesini sağlayan kuvvetin ancak %15-20'sini sağlarlar (74). Mediyal longitudinal arkın yükselme kuvvetini sağlayan asıl oluşumlar plantar kaslar, bağlar ve plantar aponeurosisdir (13,39,74,84,101).

Güçlü M. Triseps Surae kasıldığı zaman kalkaneusun ön parçası aşağıya doğru yer değiştirir. Bu durumda, artan vücut ağırlığı talus ile navikula arasındaki eklemin daralmasına sebep olur, plantar kaslar ve bağlar gevşer, ayagın mediyal kenarı düzleşir (74,101).

Pes planus, konjenital ve vücut ağırlığının etkisi ile ayagın kenarına baskının artmasıyla longitudinal arkın düzleşmesi sonucu sonradan kazanılmış olmak üzere iki grupta incelenmektedir (6,24,53,64,91,95).

Pes planusun bazı sebepleri şöyle sıralanabilir;

1. İnaktif bir çocukluk, adölesan çağda kas ve bağlarda

vücut ağırlığını taşıyıcı gerilimin meydana gelmemesi,

2. İleri yaşlarda adipoz dokulara yüklenme, arka destekleyecek kas ve bağların kaldırabileceğinden daha fazla olabilir,

3. Sabit ve sert bir şekilde yürüme, yüzey ne olursa olsun adım atma gücünü ortaya çıkarır ve sert yürüme, açık havada yürüyerek yapılan kas gelişimini engeller,

4. Yapısal bozukluklar da klinik bozuklukları hazırlayıcı nedenler olabilir. Örneğin; Morton, pes planusda birinci metatarsalin kısa oluşunun morfolojik özelliklerini vurgulamıştır,

5. Pes planus bazen enfeksiyon, bazen de toksik enflamasyona bağlı olarak destek dokularında zayıflama sonucu da ortaya çıkabilir,

6. En yaygın nedeni ise kötü ayakkabılardır (39,74).

Pes planus tamamen geliştiği zaman ayakta aşağıdaki görünümeler ortaya çıkmaktadır;

a. Ayak bileğinde internal rotasyon,

b. Ayağın arka kısmında pronasyon, ön kısmında ise kompanzasyon için süpinasyon,

c. Talokalkaneal açının normal değerine üstüne çıkması ve talus ile kalkaneusun öne, içe kayması sonucu ayağın arka kısmında adduksiyon, ön kısmında kompanzasyon için abduksiyon görülmesi,

d. Talus ile kalkaneusun depresyonu sonucu ayak bileğinde plantar fleksiyon ve topuklarda elevasyon,

e. Ayağın arka kısmının plantar fleksiyonunun, ayağın ön kısmına etki etmemesi, dorsifleksiyonda ayağın arka kısmı ile uyum sağlaması (91).

Konjenital Pes Planus: İki grupta incelenmektedir.

I. Gevşek(Hipermobil) Pes Planus; Herediter olup, bağlarda ileri derecede gevşeklik vardır. Subtalar ve mid-tarsal eklemler çok gevşektir, aşıl tendonu kısadır.

Çok az sayıda çocuk pes planuslu doğmasına karşın, tedavisi sonradan olana göre daha önemlidir. Bu tip pes planusda herediter eğilim vardır. Ebeveynlerden herhangi birisinde ya da ikisinde birden pes planus varsa, çocuk kritik dönemde uygun bir şekilde desteklenmezse, bu probleme er ya da geç sahip olacaktır. Bazen ebeveynlerin ayakları normal olduğu halde çocukta düz tabanlık görülebilir. Burada konjenital aşıl kısalığı ve kas kuvvetlerinin zayıf olması etkenidir. Patoloji, çocuk yürümeye başladığı zaman farkedilir ve longitudinal ark üzerine ağırlık verildiğinde düzleşir, ağırlık verilmediği zaman normal görünümünü alır. Çocuk ayakta dururken tüm ayak tabanı ile yere basar, ayakları eksternal rotasyondadır ve kalkaneus, valgus pozisyonundadır. Bu çocuklarda radyolojik muayenede tarsal kemiklerin ilişkisinin bozulduğu görülmektedir.

Normal ayakta, lateral görünümde talusu ortadan iki eşit parçaya bölen hat, talus ile kalkaneus arasından geç-

tiği halde kalkaneovalgusta, kuboidin üst yarısından çapraz geçmektedir. Plantar kalkaneonavikular bağın gevşek olması nedeniyle talus plantara, distale ve mediyale yer değiştirir. Talus plantar fleksiyondadır ve talus ile navikula arasındaki ilişki bozulur (17,24,39,40,53,84).

Hipermobil pes planusda meydana gelen değişiklikler şu şekilde sıralanabilir;

1. Talonavikular ve kalkaneokuboid eklemlerde ayığın ön kısmının abduksiyonu,
2. Kalkaneusun valgusu,
3. Talus başının aşağıya, mediyale ve öne yer değiştirmesi,
4. Ayak bileğinde, talusun öne rotasyonu ve yer değiştirmesine bağlı olarak talus ve kalkaneusda ekin pozisyonu,
5. Aşil tendonunun kontraktürü,
6. Metatarsallerin cisimlerinin abduksiyon ya da adduksiyonu,
7. Talus başının genişlemesi(63).

Bu patoloji tesbit edilir edilmez, doğumdan birkaç saat sonra düzeltilmesi gerekir. Eğer ayak uzun, dar ve esnek ise şekil bozukluğunun düzeltilmesi güç olmayabilir.

Dr. Otto Aufranc, doğumdan 10 dakika sonra bir olguya hafif masaj, germe ve maniplasyon uygulayarak, klinik ve radyolojik değerlendirmeyi takiben deformitenin düzeltildiğini görmüş, hemen dizden parmak ucuna kadar ayağı düzeltme alçı-

sına almıştır. Alçı içinde ayak ekin pozisyonuna konmuş ve ayağın büyümesine engel olmamak için her hafta alçı yenilenmiştir (39).

II. Rijit (Tarsal Anomalilerle Birlikte Olan) Pes Planus; Bu tipte talus ile kalkaneus ya da navikula ile kalkaneus arasında kemik, kıkırdak bağ dokusu içeren bir köprü bulunur. Rijit pes planusun tedavisi çok zordur. Topuk valgus pozisyonunda sabittir, ayağın ön kısmı abduksiyon ve dorsi-fleksiyondadır, longitudinal ark tamamen kaybolur ve ayağın medial kenarı boyunca şişlik görülür (24,39,47,53).

Vertikal talus gibi rijit pes planusu olan çocuklarda dikkatli klinik ve radyolojik değerlendirme, uygun tedavinin hemen yapılması için gereklidir. Vertikal talus, çocuk yürümeye başladığı zaman farkedilir. İdiopatik pes planusdan, vertikal talusu ayırdetme çocuğun ayağına ağırlık verildiği zaman anlaşılmaktadır (24, 40).

Konjenital vertikal talus, ayağın ön kısmının abduksiyonu, ayağın arka kısmının valgus deviasyonu, ayak tabanının konveksitesi ile ayağın bir deformitesi olarak Lamy ve Weissmann tarafından belirtilmiştir (45). Konjenital vertikal talusda, ayak beşik şeklinde ve konveksitesi aşağıya doğru olduğu için topuk hafifçe yerden kalkmaktadır (24).

Lamy ve Weissmann, ayağın bu konjenital deformitesini "Konveks Pes Valgus" olarak isimlendirmişlerdir. Heyman da, konjenital konveks pes valgus ve vertikal talus isimlerini

desteklemektedir. Vertikal talusda sadece talus vertikal pozisyonunda görülmez, kalkaneusda da 40 derecelik ekin pozisyonu görülür. Talus ile tibia arasındaki ilişki bozulduğu gibi, tarsal kemikler arasındaki ilişkide bozulmaktadır. Talonaviküler eklem dorsale yer değiştirir, navikula, kalkaneus ve distal tarsaller dorsifleksiyon, eversiyon ve eksternal rotasyonda olur (45).

Vertikal talus, poliomyelitis, serebral palsy, spina bifida gibi durumlarla birlikte olabilir (24,39,45). Konjenital vertikal talusun en sık birlikte olduğu durum arthrogryposis'dir,fakat bu durum dizler ve kalçalar gibi birçok eklemi içine alır. Erken farkedilmezse rijit hale gelir ve cerrahi düzeltmeyi gerektirir (24).

Konjenital konveks pes valgus ya da vertikal talus, bebeklikte genel konjenital kalkaneovalgus ile karıştırılmamalıdır. Özellikleri şöyle sıralanabilir;

1. Talus başının plantar bölgeye yer değiştirmesi ve vertikal pozisyonunda rotasyonu,
2. Kalkaneusun posteriyora yer değiştirmesi ve ön kısmının laterale deviasyonu,
3. Talus ve kalkaneusun anormal gelişimine bağlı displazi,
4. Ayağın ön kısmının valgus ve abduksiyonu sonucu ayağın mediyalinde uzamaya bağlı olarak talus ile kalkaneusda yer değiştirme,
5. Talonavikular eklem dislokasyonu, talus boynunun

dorsal yüzü ile navikula eklem yüzünün vertikal pozisyonda kilitlenmesi,

6. Ayağın ön kısmının dorsifleksiyonu ile kalkaneusun ekin pozisyonu ve midtarsal eklemden plantar yüzde bir konveksite meydana gelmesi,

7. Peroneal kaslar, parmak ekstansörleri, M.Tibialis Anterior ve aşil tendonunda kontraktür.

Bu özelliklerden birincisi ve ikincisi valgusu olan her ayakta görülmekle beraber, konjenital konveks pes valgus'da aşırı derecededir (47).

Konjenital Tarsal Birleşme; Bir ya da daha çok tarsal kemiğin konjenital birleşmesi nedeniyle ayakta rijit pes planus meydana gelir. Çoğunlukla peroneal ve ekstansör kasların spazmı ile sonuçlanır. Konjenital tarsal birleşmeye ilaveten romatoid artirit, enfeksiyonlar ve neoplazmlar da peroneal spastik pes planusa sebep olmaktadır (24,50,95). En sık birleşme talus ile kalkaneus arasında ya da kalkaneus ile navikula arasında görülür. Birden fazla tarsal birleşmenin hereditör eğilimi, yapılan bir araştırmada bir ailenin iki kızında ve babada kalkaneokuboid, talokalkaneal ve navikulokuneiform eklemlerinde birleşme olduğu bulunarak rapor edilmiştir (24).

Bir ayak konjenital birleşmeli ise rijit olarak düzdür, fakat orta şiddette semptomatik olabilir. Bu durum ayağa ağırlık verilsin ya da verilmesin görülmektedir. Subtalar eklemindeki kemik blok nedeniyle inversiyon ve eversiyon hareket-

leri önemli derecede limitlenir. Konjenital tarsal birleşmesi olan hastalar genellikle adölesan çağda uzun süre ayakta kalmaya başladıkları zaman şikayet ederler. Yaş ilerledikçe triple artrodez gerekebilir (6,24,50,95).

Sonradan Gelişen Pes Planus: Pes planusu olan kişilerin çoğu bu grup içerisinde yer alır. Ayaktaki şekil bozukluğu, konjenital grupta olduğu kadar ciddi değildir. Ayak daha esnektir, elle tutulduğu zaman normale yakın bir pozisyona getirilebilir (53).

Bebeklik ve Çocuklukta Pes Planus: Çocuklar doğduğunda ayaklarındaki yağ dokusu nedeniyle longitudinal arkları düzdür. Bu nedenle şekil bozukluklarının bir çoğu çocuğun daha dönemiyeceği kadar küçük olduğu yani ilk 4 ayda meydana gelir. Bebekler genellikle yüzükoyun yatırılırlar, çünkü gaz çıkartmaları için emin bir pozisyonudur. Ayrıca, çocuklara fazla arabezi konduğu için bacakları abduksiyon ve eksternal rotasyona gider. Kurbağa pozisyonu denilen bu yatış şeklinde baş parmak yatağa dayanır, posteriyor grup kaslar gerilir ve uzar, anteriyor grup kaslar kısalır (Şekil 15). Fazla arabezi konması nedeniyle iç rotatörler gerilir ve gevşer, dış rotatörler ise kısaldıkları için daha kuvvetli bir duruma gelirler. Bütün bu postür değişiklikleri ayağı pes planusa iter (39,53).

Çocuklarda ilk aylarda ayak çok elastik ve hareketlidir. Tarsal kemiklerin sadece %50'si ilk 12 ayda kısmen ke-

mikleşir ve aslında kartilajenöz kitleler halindedirler. Bu



Şekil 15: Bebeğin Yatış Pozisyonu.
(Giannestras,J.N.:Foot
Disorders).

oluşumlar gevşek ligamentöz yapılarla bir arada tutulurlar. Çocuk ilk adımını atmaya başladığı zaman ve ondan sonraki aylarda denge hissi tamamen gelişmemektedir. Destek yüzeyini genişletmek için otomatik olarak bacaklarını açarak yürürler. Çocukların bacakları abduksiyonda yürümeleri sonucu spina iliaka anterior süperiyorlardan ve patellanın ortasından geçen yerçekimi hattı, birinci ve ikinci parmakların arasına düşmez, baş parmağın

mediyaline düşer. Bu durum ayakta pronasyon meydana getiren zorlamaya neden olur ve tarsal kemikleri uygun pozisyonda tutmak için bağlar gevşer, ayakta pes planus meydana gelir (39).

Çocuklarda ayağın logitudinal arkı 16 ila 24'üncü aylar arasında belirmeye başladığı için sonradan gelişen pes planus genellikle bu aylarda farkedilmektedir. Çocuklukta kötü postüre ek olarak eksternal tibial torsiyon, internal torsiyon, genu valgum, I.metatarsalin konjenital kısalığı, metatarsus primus varus ve I.metatarsalin hipermobilitesi de pes planusa sebep olabilir (6,39,53).

Ebeveynler, çocukları yürümeye başladığı zaman aşağıdaki semptomlardan bir ya da birkaçını gözlerler;

1. Çocuk hantalca yürür ve sık sık düşer,
2. Kendi yaşındaki çocuklar gibi koşup, oynayamaz,
3. Ayakları eksternal rotasyonda yürür,

4. Sıklıkla kucakta taşınmak isterler ve uykuda bacaklarındaki ağrıdan şikayet ederler. Eğer çocuk küçük yaşta tedavi edilmezse, erişkin çağa geldiği zaman bacaklarında ve belinde şikayetleri olacaktır (39).

Adölesan Çağda Pes Planus: Dr.Hoerr, Dr.Pyle ve Dr. Francis'e göre insan ayağı kadınlarda 18 yaş, erkeklerde ise 15 yaş 3'üncü ayda gelişimini tamamlamaktadır (39). Fizyolojik gelişim tamamlandıktan sonra ayağın durumu ortaya çıkmaktadır. Eğer çocuk, bebeklik döneminde ve çocukluğu sırasında ayakları için uygun bir tedavi görmemişse %75-80 şans eseri adölesan çağda ayaklarında düzelme meydana gelebilir. Ortalama %15'inde de dikkatli tedaviye karşın pes planus gelişebilmektedir. Pes planus çoğunlukla talusun plantar fleksiyonu sonucu meydana gelir ve aşırı gev-

şek pes planusdur. Bunlarda konservatif tedavi 8-10 yaşları arasında uygulanır, fakat ebeveynlere sonuçta cerrahi tedavi gerekebileceği de söylenmelidir (39).

I. ve 2. derecede pes planus; Bu tiplerde subjektif bulgular en çok günlük aktivitelerden sonra görülmektedir. Subjektif bulgular; yorgunluk, ağrı, her iki ayagın medio-plantar yüzü boyunca acı, bacaklar ve dizlere yansıyan rahatsızlıklardır. Çocukların bir kısmında rahatsızlık, sadece bacakta ağrı şeklinde olabilir. Bu dönemde M.Gastro-Soleus ve aşil tendonunun kısalması, ayakların pronasyona gitmesine neden olur. Aşil tendonunun kısalması topuğu valgus pozisyonuna çevirir, talokalkaneal eklemden eversiyon meydana gelir ve bu nedenle de hafif pronasyon görülür (39,53).

Eksternal tibial torsiyon da, ayakta pronasyonun bir sebebi olarak kabul edilmektedir, Çünkü gençlerin çoğu ayakları eksternal rotasyonda yürürler. Ayagın mediyal yüzündeki zorlamalar, ayagın içe dönmesine neden olur ve birkaç derecede pes planus meydana getirir (39).

Navikulakuneiform ya da talonavikuler eklemin plantar yüzde çökmesi, dorsoplantar talonavikular açının ve talusun plantar fleksiyonunun azalması, orta derecede pes planusa sebep olmaktadır. Çökmenin meydana gelmesinde heredite rol oynar ve en yaygın pes planus tipidir. Ayrıca, poliomyelitis'i takiben ya da serebral palsy durumlarında kas kuvvetin-

deki dengesizliğe bağlı olarak da meydana gelmektedir (17, 39,40,45).

3.derecede pes planus (Planovalgus); Ayak tamamen düz, fakat esnektir. Gevşek düz tabanlık üç yapısal anomaliden birisi ile ya da bu üç anomalinin kombinasyonu sonucu meydana gelebilir. Bunlar;

a. En sık görülen navikulokuneiform çökme; Bu tipte hasta ayaklarında ya da bacaklarında ağrı, bazen de yorgunluktan şikayet edebilir. Ayakta dururken longitudinal ark tamamen kaybolmuştur, topuğun valgus pozisyonu ve ayığın eversiyonu barizdir.

b. Talusun plantar fleksiyonu; Kalkaneovalgus çocuklukta iyi tedavi edilmezse, preadölesan ya da adölesan çağda ayığın planovalgusuna sebep olmaktadır. Bu tipte, ayak gevşektir. Dorsoplantar talonavikular açıda daralma vardır.

c. Dorsoplantar talonavikular çökme; Ayakta durma sırasında ayaklarda sadece ikinci derecede pronasyon görülür, fakat aşıl tendonunun kontraktürü nedeniyle dorsifleksiyonda limitasyon meydana gelmektedir. Önden bakıldığı zaman ayak bileği eversiyondadır. Arkadan bakıldığında ise aşıl tendonu ve topuklar valgus pozisyonundadır. Radyolojik muayenede dorsoplantar talonavikular açı belirgin bir şekilde azalmaktadır. Lateralden bakıldığında, bağlarda gevşeme sonucu talonavikular ve navikulokuneiform eklemlerde hafif ya da minimal çökme görülür (39,40).

Erişkinde Pes Planus: Erişkinde ayaklar zamanla orta derecede pronasyona gelebilir. Bu semptom sıklıkla kötü uyum ya da uygun olmayan ayakkabılardandır. Erişkinde dikkatli bir hikaye ağrının lokalizasyonuna karar vermek için yardımcı olacaktır.

Hasta, aşağıdaki şikayetlerden hepsini olmasa bile çoğunu söyleyecektir;

1. Sabahları kalktığı anda ayaklarında hassasiyet ve sertlik vardır. Birkaç adımdan sonra hassasiyet ve sertlik dereceli olarak kaybolur,

2. Sıklıkla öğleyin ya da akşam üzeri ayaklarda ağrı tekrar başlar ve en fazla ayağın mediopantar yüzünde lokalize olur,

3. Ağrı akşamları şiddetlenir,

4. Ayaklarda semptomların artmasıyla ağrı arkaya doğru yayılır,

5. Eve gelir gelmez ayakkabılarını çıkartarak rahatlamayı alışkanlık haline getirir,

6. Bazı hastalar günlük aktivitelerinden sonra, özellikle yaz aylarında ayaklarında ve ayak bileklerinde şişmeden şikayet edebilirler (39).

7. Ayağın plantar ve mediopantar yüzündeki ağrıya ilaveten 2. ve 3. metatarsal başlarda nasır olsun ya da olmasın ağrıdan şikayet ederler ve bu nedenle antalgik yürüyüş denilen ayağın süpinasyona getirilmesi ile yürümeyi tercih ederler. (39, 91).

Erişkinlerde de hikayeden sonra rutin klinik ve radyolojik muayenelerin yapılması gereklidir.

PES PLANUSDA KONSERVATİF TEDAVİ:

Konservatif yöntemlerle tedavi, ark takviyelerini ve pes planus için verilmesi gereken uygun ve özel egzersizleri içeren tedavi şekilleridir. Konservatif tedavinin amacı, bağlardaki gerginliği azaltmak, vücut ağırlığını ayağın dışına aktarmaya çalışmak, ayağın invertörlerini ve plantar fleksörlerini kuvvetlendirmektir (6,95).

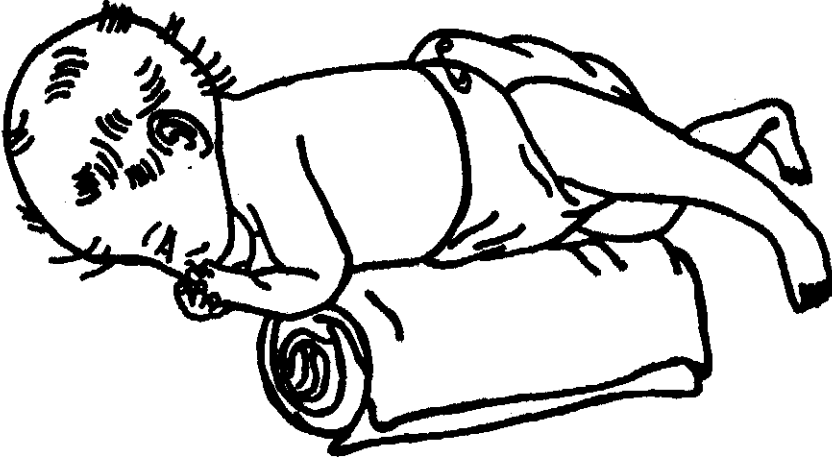
Longitudinal ark çöktüğü zaman egzersizle düzelmez, fakat zayıflayan kaslar kuvvetlendirilerek tam çökme engellenir. Egzersizin üç amacı vardır;

1. Lokal dolaşımı arttırmak,
2. Ayağı bacağı uygun pozisyonda stabilize etmek,
3. Tek tek eklemlerin normal eklem hareketini arttırıcı hareketliliğini sağlamaktır (74).

Pes Planusu Olan Çocuğun Yürümeye Başlamadan Önceki

Tedavisi: Çocuklarda pes planusun tedavisi, çocuk yürümeye başlamadan ele alınmalı, yürüme ile birlikte sürdürülmelidir. İlk tedaviye bebek hastaneden eve gelir gelmez yan yatış pozisyonuna alıştırılarak başlanmalıdır. Yan yatış pozisyonunda küçük bir yastık ya da rulo yapılmış bir battaniye çocuğun abdominal bölgesine yerleştirilir ve yüzükoyun yatması engellenir. Böylece 2-4'üncü haftalar-

da uyuma alışkanlığına bağlı olan deformiteler engellenecektir (Şekil 16) (39,53).



Şekil 16: Bebeğin Alistırılması Gereken Yatış Pozisyonu. (Giannestras, J.N.: Foot Disorders)

Bebek eve geldiği zaman yatış pozisyonu düzeltilmemişse ve dış rotasyonla beraber pes planus varsa, mümkün olduğu kadar erken devrede düzeltilmesi gerekir. Bunun için anneye egzersiz öğretilmelidir. Egzersizler; Bebek sırt üstü yatarken anne bebeğin dizlerinden sıkıca tutarak bacaklara kalçadan iç rotasyon yaptırır, fakat egzersiz sırasında herhangi bir zorlama olmamalıdır. Bu pozisyonda bacaklar 30-40 saniye tutulup, sonra gevşetilir. Egzersiz günde 5-10 kere tekrarlanmalıdır (6,53).

Longitudinal arkin gelişmesi için de ayağa adduksiyon

ve süpinasyon yaptırılır. Anneye nasıl gereceği ve her germe sırasında 30-45 saniye tutacağı öğretilmelidir. Eğer çocuğun sağ ayağına germe yaptırılacaksa, sol elle topuk sıkıca tutulur, sağ elin işaret parmağı navikular kemik üzerine konularak basınç uygularken, ayağı kavrayan el ile ayağın ön kısmı adduksiyona zorlanır. Topuğun valgus pozisyonunu düzeltmek için ayak inversiyona getirilmektedir. Egzersizin günde birkaç kez tekrarlanması gerekir (6,53).

Çocuk Yürümeye Başladıktan Sonra Pes Planusun Tedavisi:

Çocuk yürümeye başlamadan önce verilen germe egzersizlerine çocuk yürümeye başladıktan sonra da devam edilir. Çocuk yürümeye başlayacak kadar büyümüşse, uygun ayakkabı önerilir. Eğer ayakta olağan dışı bir durum varsa sadece ayakkabı yeterli değildir. Tedavi egzersizler, ark takviyeleri ya da alçı uygulamaları ile yapılabilir.

Anne, çocuğun bacaklarını içe doğru çevirerek yapacağı germe egzersizleri için isteksiz olursa ya da çocuğun bacakları yapılan germeye direnç gösterirse, çocuğun bacaklarını içe çevirmek için geceleri ayakkabılarının arasına bar yerleştirilmesi önerilir (39,53).

Adölesan Çağda Pes Planusun Tedavisi: Pes planusu olan bebekte daha önce belirtilen önlemler alındığında, çocukların çoğunda düzgün longitudinal ark meydana gelir ve 2-3 yaşında düzgün yürüyüşü kazanır (53). Eğer çocuk birkaç yıl hiç tedavi edilmemişse, tedaviye karar vermek için

pes planusun farklı nedenlerinin ve farklı yaş gruplarının göz önünde bulundurulması gerekir.

Erken adölesan çağda pes planus konservatif tedaviye cevap verir, fakat bazı tiplerinde düzgünlüğü sağlamak için cerrahi tedavi gerekebilir (39).

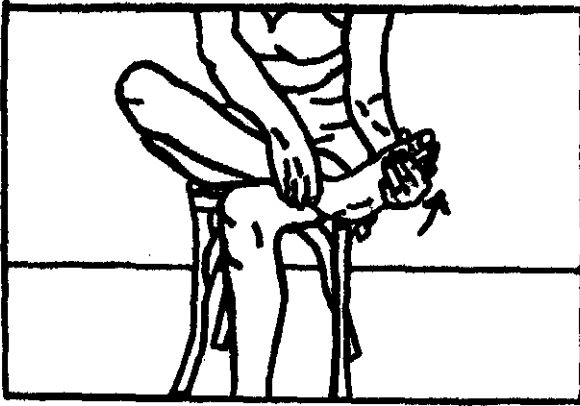
Yetişkin çocukta pes planusun komponentlerine ek olarak çoğunlukla aşil tendonunun kısalığı gözlenir. Çocuk oynarken incelendiğinde dizlerinin üzerine oturduğu zaman ayakları ekin pozisyonundadır. Yemek yerken, televizyon seyrederken günün büyük bir kısmında bu pozisyonda oturması, aşil tendonunda kısaltmaya neden olabileceği gibi çocuğa topuğu yüksek ayakkabılar giydirilmesi de aşil tendonunda kontraktüre neden olabilir. Böyle çocuklarda pozitif bulgulardan birisi, ayak bileği dorsifleksiyonunda 10-15 derecelik limitasyon olmasıdır. Tendondaki gerilmeyi azaltmak için ayağını valgus pozisyonuna çevirmek zorunda kalır(39,53).

Bu çocuklarda düzgün yürümeyi sağlamak amacıyla önce aşil tendonunu nasıl gerecekleri öğretilmelidir. Bunun için bir başkasının ayağı dorsifleksiyona getirerek elle germesi gerekir, fakat en iyisi çocuğun uzun oturma pozisyonunda ayak ucuna uzanarak aşil tendonunu kendisinin germesidir. Pes planusu olan çocuk, ayağına dorsifleksiyon yaptırmak istediğinde çoğunlukla M.Ekstansör Hallusis Longus, M.Ekstansör Digitorum Longus ve Peroneal kasları kullanarak ayağını dı-

şa ve yukarı çeker. Bu durumda çocuğa ilk öğretilecek egzersiz, M.Tibialis Posteriyor'u kuvvetlendirerek diğer kasları gevşetmesidir (53).

Egzersizler; Çocuk tarafından çıplak ayakla yapılmalıdır.

1. Oturma pozisyonunda çocuğa ayağını aşağı, içe ve yukarı doğru nasıl gereceği öğretilir. Hareketler önce elle yaptırılır, daha sonra hareketi baş parmakla birlikte yapması ve bunu oyun haline getirmesi sağlanır. Ayak bileğine ve parmak-



Şekil 17: Peroneal Kasları Germe Egzersizi.

(Williams, M., Catherine, W.:
Therapeutic Exercise for
Body Alingment and Function)

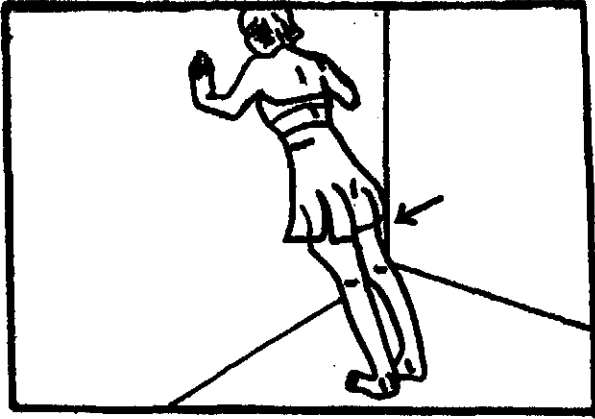
lara kuvvetlice plantar fleksiyon yaptırılır. Bu hareket kısa parmak fleksörlerini kuvvetlendirir sonra parmaklar gevşetilerek ayak inversiyona ve dorsifleksiyona, yani M.Tibialis Anterior'un fonksiyonu pozisyonuna çevrilir. Bu egzersiz M. Tibialis Anterior'u kuvvetlendirerek, peroneal kasları gerer (Şekil 17) (53,101).

2. Çocuk ayağının dış kenarına basarak ayakları inversiyon pozisyonunda yürür. Bu egzersiz M.Tibialis

Anteriyor'u ve M.Tibialis Posterior'u kuvvetlendirip,peroneal kasları gerer. Çocuk egzersizi mümkün olduğu kadar yavaş yapılmalı, birkaç saniye bu pozisyonda kaldıktan sonra gevşeyerek başlangıç pozisyonuna dönmelidir. Başlangıçta dengesini sağlayabilmesi için bir yere tutunmasına izin verilir ve egzersizlere 10 tekrar ile başlayıp, giderek sayının arttırılması söylenir.

3. Çocuğun parmaklarında yükselerek yürümesi istenir. Egzersizin yapılma şekli ve sayısı bir önceki ile aynıdır.

4. Çocuk duvardan 1,5 ayak önde durur, topukları yer ile temastadır, ellerini duvara dayar ve göğsü duvara değene kadar öne eğilir. Egzersizin amacı, aşil tendonunu germektir. Bu egzersiz de önce 10 kere, daha sonra sayısı arttırılarak yapılır (Şekil 18) (53,101).



Şekil 18: Aşil Tendonunu Germe Egzersizi.
(Williams,M., Catherine,W.: Therapeutic
Exercise for Body Alingment and Function)

Egzersizler önce hastaya, sonra ebeveynlere öğretilir ve günde iki kez (örneğin, okuldan geldikten sonra ve yatar-ken olmak üzere) yapması için çocuk eğitilir (39,53).

Ayrıca, çocuğa parmak fleksiyonu ve süpinasyonu ile ilgili olan, yerdeki objeleri ayak parmaklarıyla toplamasını içeren egzersizler de öğretilir. Bunlar;

1. Çocuk alçak bir tabureye oturtulur ve yere bilyalar yerleştirilir. Sağ ayağı ile bilyaları topluyorsa, sol ayağının dış kısmına yerleştirilen kutuya bilyaları koyar. Egzersizi daha sonra sol ayağı ile tekrarlar ve günde iki kez 10 dakika yapması önerilir (53).

2. Çocuk yine bir tabureye oturur, dizleri nötral pozisyonundadır, 7,5 cm. eninde, 30,5 cm. boyunda bir kumaş üzerine iki ayağını da koyar ve ayağının ön kısmı ile kumaşı tutmaya çalışır. Kumaşı tuttuktan sonra dizlerinin pozisyonunu bozmadan düz olarak yukarı yavaşça kaldırır. Egzersizi 10 kere tekrarlamalıdır. Egzersiz sonrası hasta bacağının posteriyor yüzü ve laterali boyunca rahatsızlık hissettiğini söyleyecektir. Egzersizlerin sayısı hergün bir tane arttırılarak 25'e kadar çıkılmalıdır. İlk 6 ayda M.Gastroknemius gerilir ve dorsifleksiyonun 5 derecesi kazanılır. Sonraki aylarda da günde 25 kere egzersizi yapmaya devam etmelidir (39).

3. Çocuk kalın bir kitap üzerinde ya da basamak kenarında ayakta dururken, parmaklarıyla kenarı kavrama şek-

linde parmaklara fleksiyon yaptırabilir (53).

Bütün bu egzersizlerden başka erkeklerde 14, kızlarda 16 yaşına kadar ayakkabı düzeltmesine devam edilmelidir (39). Tedavi programının birkaç yıl süreceği ve bunun sonunda tüm çocuklarda yüksek ark elde edilemeyeceği, orta yükseklikteki bir arkın yeterli olabileceği ebeveynlere anlatılmalıdır (53).

Yapısal bozukluklar örneğin, I.metatarsalin kısalığı da pes planusa neden olur, fakat adölesan çağda %100 neden değildir. Radyolojik muayenede ayakta yayılma ya da halluks valgusla birlikte sık görülür. Tedavide düzeltici ayakkabılar kullanılır. Eğer ayakta pronasyonla birlikte tibial torsiyon da varsa, her iki problem birlikte düzeltilmelidir. Klinik muayenede görülen pronasyonla birlikte olan tibial torsiyon 25 dereceden daha az ise Whitman'ın tüvisteri (twister), düzeltici tedavi olarak kullanılır. Tüvisterle yapılan tedavide, 8-10 yaş erkek, 10-12 yaş kız çocuklarda iyi sonuçlar alınır. Torsiyon 25 dereceden daha fazla ve hasta 10 yaşının üzerinde erkek, 12 yaşının üzerinde kız çocuksa, fibula ve tibiaya osteotomy yapılır (39).

Adölesan çağda navikulokuneiform çökme varsa ve hasta 7-9 yaşları arasında ise düzeltici ayakkabıların faydası yoktur. Pozitif düzeltici kuvvet Whitman'ın çelik takviyesine gereksinim vardır. Bu takviye ayağa uygun şekle getirildikten sonra ayakkabının içerisine yerleştirilir. İlk bir, iki gün rahatsızlıktan şikayet ederler, fakat ağrıları olmaz.

Ark takviyesi hastanın her ayakkabısına konmalı ve sabahları kalkar kalkmaz giymelidir. Bir ay sonra, hastada anormal baskıların olup olmadığı da kontrol edilmelidir (39).

Talusun plantar fleksiyonunda tedavinin şekline karar vermek, hastanın yaşına olduğu kadar fleksiyonun şiddetine de bağlıdır. Eğer fleksiyon orta şiddette ise dorsoplantar talonavikular açı 45 dereceden daha azsa ya da hasta 10 yaşından sonra ilk tedaviye gelmişse, cerrahi tedavi gereklidir.

Dorsoplantar talonavikular çökmede, 12 yaşındaki erkeklerde ve 10 yaşındaki kızlarda tavsiye edilen, konservatif tedavidir. Whitman'ın çelik ark takviyesine ek olarak topuğun eversiyon ve valgusunu düzeltmek için ayakkabının medial kenarına kama konularak yükseltilmesi gerekir. Bu sırada Gastro-Soleus kas grubuna germe egzersizleri de verilmelidir. Pes planusu tedavi etmek için konservatif tedavi yetersizse veya tedaviye çok geç başlandığı için ayak semptomatikse, cerrahi tedavi gereklidir (39).

Erişkinde Pes Planusun Tedavisi: Erişkinde bulgular biraz değişiktir. Çoğunlukla ağrı nedeniyle, bazen de kosmetik nedenlerle doktora baş vururlar (39).

Gün boyunca ayakta durmayı gerektiren uğraşılarda ya da günün büyük bir kısmını yürüyerek geçirmek zorunda olan iş gruplarında ayak rahatsızlıkları meydana gelebildiği

gibi, aşırı kilo nedeniyle ve hastalık sebebiyle uzun süre yatan kişilerde de kas ve bağlar gevşediği için yürümeye başladıkları zaman ayak rahatsızlığı oluşabilir (6,53).

Erişkinde tedavi programına karar vermek için objektif muayene aşağıdaki şekilde ve dikkatlice yapılmalıdır;

1. Kişi ayakkabı ile yürürken gözlenmelidir. Burada, hasta her adımda yükseliyormu, ayakkabılarının topuğunun lateral ya da mediyalinde mi yürüyor, dikkatlice bakılmalıdır.

2. Ayakkabı, çorap ve pantolon çıkartıldıktan sonra ayaklar, bacaklar ve dizler değerlendirilmelidir.

3. Eksternal tibial torsiyon olup olmadığına bakılmalıdır. Eğer torsiyon 10 dereceden fazla ise aşırı zorlama nedeniyle rahatsızlık ve ağrıya neden olacaktır.

4. Navikulanın skafoid tüberkülünün hassas olup olmadığı değerlendirilmelidir.

5. Ayakta durma sırasında pronasyon varsa derecesi bulunmalıdır.

6. Topukların valgus pozisyonunda olup olmadığı ve aşil tendonunun durumu gözlenmelidir.

7. Tedavi edilmeyen varikoz venler bacak ve ayakta şiddetli ağrıya sebep olacağı için varislerin olup olmadığı kontrol edilmelidir.

8. Parmaklarda herhangi bir deformite olup olmadığı, varsa ayak postürüne doğrudan etki edip etmediği değerlendirilmelidir.

9. Ayaga ağırlık verildiği zaman basınç alanları ve anormal nasırlaşma gözlenmelidir (39,84).

Ayakların daha sonra hasta otururken değerlendirilmesi gerekir;

1. Ayakın dorsalinden A.Dorsalis Pedis ve mediyal malleolün hemen arkasından A.Tibialis Posteriyor palpe edilir.

2. Subtalar, talar ve metatarsofalangial eklemlerin aktif ve pasif normal eklem hareketlerine bakılır.

3. Ayakın plantar yüzünde nasır ya da palpe edilebilir herhangi bir kitlenin lokalizasyonuna karar vermek için gözlenmelidir.

4. M.Triseps Sura'daki kontraktüre bağlı, dorsifleksiyonda limitasyon meydana geldiğine göre ekstansiyon test edilmelidir.

5. Navikular tüberkülün çıkıntılı, ağrılı ve hareketli olup olmadığına palpasyonla karar verilmelidir.

6. Dört esas gruba kas testi yapılmalıdır. Bu kas grupları: Invertörler; M.Tibialis Anterior ve Posteriyor, Evertörler; M.Peroneus Longus ve Brevis, M.Ekstansör Digitorum Longus. Fleksörler; M.Triseps Sura ve M.Fleksör Digitorum Longus'dur.

7. Ayrıca, hastada diabet ya da gud olup olmadığı araştırılmalıdır (39,84).

Fiziksel muayene bittikten sonra ayakların ayakta duruş sırasında anteroposteriyor, lateral ve otururken oblik röntgenleri çekilmelidir. Röntgende dikkat edilecek noktalar şunlardır;

1. Ayakta durma pozisyonunda tarsal ve metatarsal ke-

miklerin ilişkisi,

2. Patolojik değişiklikler ve anomalilerin değerlendirilmesinde subjektif ve objektif bulgular arasındaki korelasyon yardımcıdır.

Hastada pes planus bulguları minimal olduğu halde şiddetli ağrıları oluyorsa, kanda şeker ve ürik asit aranmalıdır (39).

Ayak yapılarının önemi tartışma konusu olduğu halde birçok araştırmacı ayak postürünün devamlılığında kasların önemini belirttikleri için, kasları kuvvetlendirici egzersizler tavsiye edilmektedir. Steindler'e göre longitudinal arkin esas destekleyicisi M.Tibialis posteriyor'dur. M. Fleksör Hallusis Longus ve M.Fleksör Digitorum Longus yardımcıdır (101).

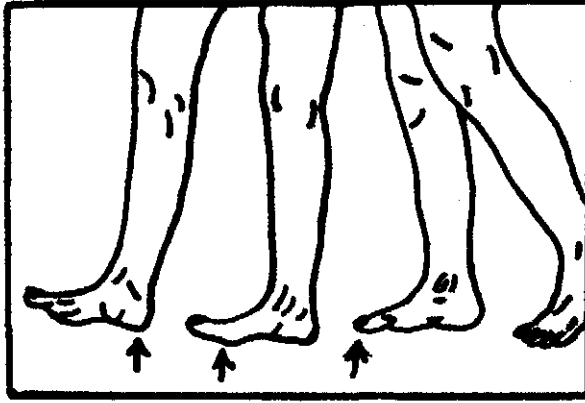
Erişkinde pes planusun tedavisinde ortopedik ayakbılar yarar sağlamaz. Erişkinlere ayakta duruş ve yürüyüşün nasıl olacağı gösterilip, zayıf kaslara kuvvetlendirme, kısıalara ise germe egzersizleri öğretilir (6,101).

Ayakta kuvvetlendirilmesi gereken kaslar; M.Tibialis Posteriyor, M.Fleksör Digitorum Longus ve Brevis, M.Lumbrikalis ve Interosseal kaslardır. Gerilmesi gereken kaslar ise M.Triseps Sura ile M.Peroneus Longus ve Brevis'dir(101).

Adölesan çağda verilen germe ve kuvvetlendirme egzer-

sizleri, erişkinlere de verilmektedir. Ayrıca, ayakta ağırlık taşıma bölgelerinin yerleştirilmesi de aşağıdaki egzersizlerle öğretilmektedir;

1. Hasta adım atar, önce topuk, sonra metatarsal başlar, en son parmaklarını yere koyar ve adım attığı ayağına ağırlık verdiği zaman arkı yükseltme hareketini yapar. Egzersiz sırasında ayaklar birbirine paralel ya da birkaç derece eksternal rotasyonda olmalıdır (Şekil 19).



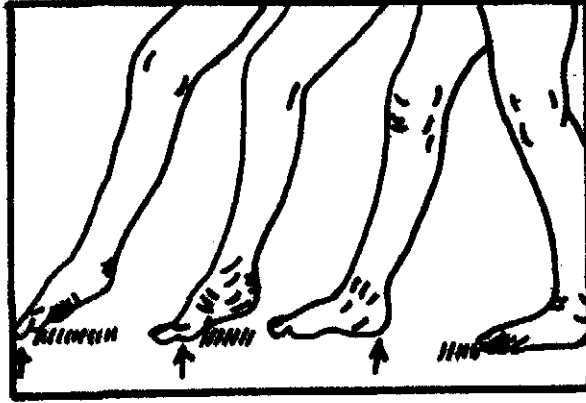
Şekil 19: Ağırlık Taşıma Bölgelerinin Yerleştirilmesi İçin Egzersiz.

(Williams, M., Catherine, W.: Therapeutic Exercise for Body Alingment and Function)

2. Hasta adım atar, önce topuk, sonra metatarsal başlar, en son küçük parmaktan başlamak üzere sırasıyla parmaklarını yere koyar ve arkı yükseltir.

3. Hasta adım atar, önce parmaklar, sonra metatarsal başlar ve en son topuğunu yere koyarak arkı yükseltir(Şekil

20). (101).



Şekil 20: Ağırlık Taşıma Bölgelerinin Yerleştirilmesi İçin Egzersiz.

(Williams, M., Catherine, W.:Therapeutic Exercise for Body Alingment and Function)

ARK TAKVİYELERİ: Pes planus çocuklukta uygun ayakkabı ile düzeltilebilir, fakat ciddi durumlarda ve erişkinlerde ark takviyesi kullanılmalıdır (39). Ayakkabıların içine yapılan alışılmış takviyeler, ileri pronasyon deformitesinde veya semptomatik pes planusu olan hastalarda kullanılmaktadır. Ark takviyeleri anatomik yapının herhangi bir parçasını desteklemiyebilir, fakat ağırlık vermede ve yürümede yardımcıdır. Bu takviyeler sadece kapalı ayakkılarda kullanılabilir (27).

Ark takviyeleri iki grupta incelenir;

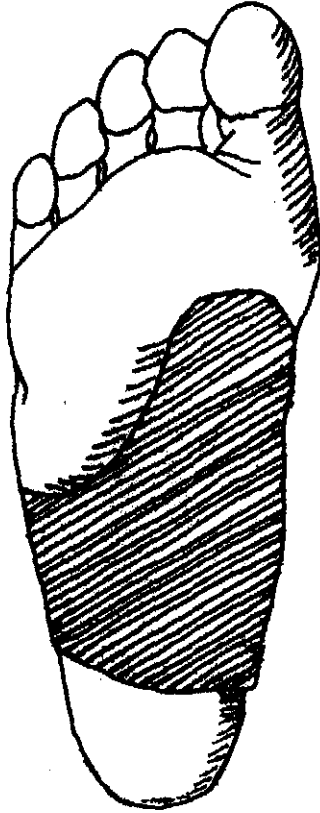
I. Sert Takviyeler,

II. Esnek Takviyeler.

I. Sert Takviyeler; Metal, plastik, sellüloid ya da türlerinden yapılır. Sert takviyelerden Whitman'ın çelik ark takviyesi en iyi destekleyicidir. Önce alçı, sonra pozitif model çıkartılarak hazırlanmaktadır.

Whitman'ın ark takviyesi üç kısımdan meydana gelir;

1. Ark takviyesinin esas parçası ayak tabanına uyar ve baş parmağın metatars başının hemen arkasından, topuğun ortasına kadar uzanır (Şekil 21).

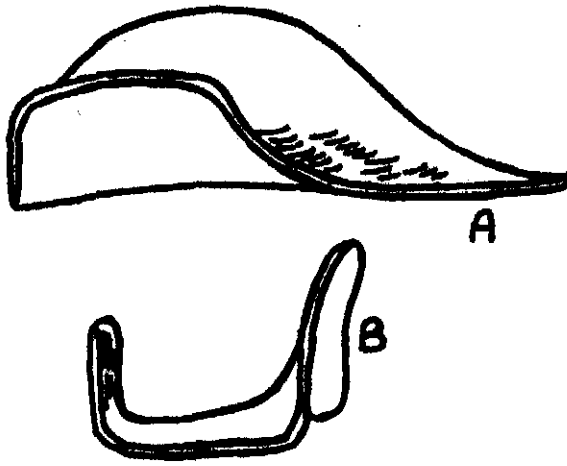


Şekil 21: Whitman Ark Takviyesi.

(Turek, S.L.: "Ortopedi İlkeleri ve Uygulamaları", Çev.(Ed) R.Ege).

2. Dik iç kenarı vardır, skafoïd tüberkülün üzerine kadar yükselir, taloskafoïd eklemi örter ve destekler.

3. Dik dış kenarı ise kalkaneokuboid eklemi örter ve takviyenin ayak üzerinde sıkıca durmasını sağlar (Şekil 22).



Şekil 22: Whitman Ark Takviyesi

A. Yandan Görünüş

B. İç ve Dış Kenarlarının Enine Kesiti

(Orthopeadie Appliances Atlas, Vol: 1).

Bu ark takviyelerinin üzeri deri ile kaplanabilir. Plastik ya da sellülöid olan ark takviyeleri de aynı şekilde yapılmaktadır (70).

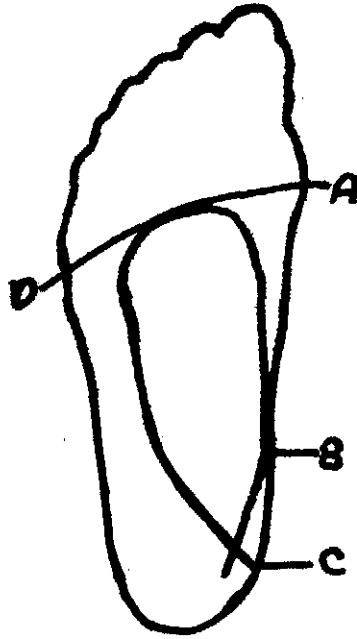
II. Esnek Takviyeler; Bu tip takviyelerin avantajları daha çok olduğu için çocuklarda, adölesan çağda ve erişkinlerde daha fazla kullanılmaktadır. Bu takviyelerin avantajları şunlardır;

1. Uyumu, yapımı ve değiştirilmesi kolaydır,

2. Arkı desteklemek için daha yumuşak ve rahattır.

Ayağın hareketlerine sert tipden daha az engel olmaktadırlar. Esnek takviyeler deri, mantar, sert keçe, sünger ya da kauçuktan yapılabilir (6,70).

Ark takviyelerinin yapılması için ayağın ölçüsünün alınması gerekir. Önce ayağın dış hatları kağıt üzerine çizilir. Lateralde 5.metatars başı, mediyalde I.metatars başı, sustentakulum tali ve kalkaneusun iç tüberkülü işaretlenir. İşaretlenen kısımlar birleştirilir ve materyal üzerine çizilerek kesilir (Şekil 23) (70).



Şekil 23: Mediyal Longitudinal ve Transvers Ark Takviyelerinde Ölçü Alınması.

A. 1.Metatars başı,

B. Sustantakulum Tali,

C. Kalkaneusun İç Tüberkülü

D. 5.Metatars Başı.

(Orthopeadic Appliances Atlas,Vol:1).

Ark takviyelerinin iki önemli kısmı vardır;

1. Mediyal longitudinal arkı destekleyen parçası,
2. Metatarsal arkı destekleyecek olan anterior parçası.

Longitudinal ark, yaklaşık 0,6 - 0,9 cm. kalınlığındadır. En yüksek noktası sustentakulum tali olup, dış kenara doğru inceler ve ayağın dörtte üçünü kapsayarak sifıra iner (6,70). Ön kısmı metatarsal arkı destekleyecek şekilde yuvarlaklaştırılır ve yüksekliği de 0,3 - 0,4 cm. arasında değişir (70).

Hazırlanan arkın ayakkabıya yerleştirilmesi ise şu şekilde olmalıdır; Topuktan ikinci metatars başına kadar olan uzaklık ölçülür ve ayakkabının içine işaretlenir. İşaretlenen kısım önde ikinci, üçüncü ve dördüncü metatarsallerin altına, arkada ise kalkaneusun iç tüberkülünün mediyaline gelmelidir. Gerek sert, gerekse esnek takviyelerde unutulmaması gereken özellikler vardır. Bunlar; Pes planusda amacımız pronasyonu önlemek, longitudinal arkın elevasyonunu sağlamak, eğer transvers (metatarsal) ark da depresyona uğramışsa onu da desteklemektir.

Pronasyon, pes planusun bir sonucu olduğuna göre takviye yaparken pronasyon düzeltecek durumlara dikkat etmek gerekir. Pronasyon, ancak kalkaneusun normal pozisyonunda tutulması ile engellenebilir. Bunun için takviye içte sustentakulum taliden öne doğru skafoid tüberkülün altına kadar

aynı yükseklikte olmalı ve sonra incelmelidir. Tedaviye birden bire yüksek takviyelerle başlamak hatalı sonuç verebilir. Bu nedenle önceleri yüksek olmayan ve gittikçe yüksekliği artırılan takviyeler kullanılmalıdır (70).

Yetişkinlerde ayaklar zamanla orta derecede pronasyona gelmektedir. Bu durum, tamamen düz olan ayaktan daha semptomatiktir. Bu semptomlar sıklıkla uygun olmayan ayakkabılardandır (39). Modern ayakkabıların ayağa katkısı ise statik şartlarda ayağa etkili bir splint vazifesi görmeleridir (74). Bu nedenlerden ayakkabının tarihçesi ve uygun ayakkabı özelliklerine değinmek yerinde olur.

AYAKKABININ TARİHÇESİ: Ayağın taş, çakıl, kum, diken, sıcak ve soğuk gibi çeşitli etkenlerden korunması için düşünülen tedbirler oldukça eskidir. İlk yapılan ayakkabılar otadan ve kamıştandır. İlk kayda geçmiş papyrus sandalların tarihi 3000-4000 yıl eskidir (70,104).

İkinci basamak olarak hayvan derilerinden yapılmış sandallar kullanılmaya başlanmış, 10.yüzyılda rahat ve kullanışlı sandallar yapılmış, II. - 15. yüzyıllarda sandalların şekli değişmiş, sivri burunlu, dar ve renkli sandallar meydana getirilmiştir. Bu devrede moda hakim olmuş, hatta sandal burnunun yüksekliği sınıf farklarını belirtir hale gelmiştir. Rahat sandallar yerine rahatsız edici moda baskısı, kral 8.Charles'ın ayağını şişirmesi ve ağrıtmaya kadar de-

vam etmiş, 8.Charles'ın fermanı ile yasaklanan koç boynuzu sandallar yerine geniş, rahat, bütün sınıfların giyebileceği terlik ve ayakkabılar yapılmıştır. O zamana kadar ayakkabılar arasında sağ, sol farkı yokken yeni yapılan terlik ve ayakkabılar sağ, sol olmak üzere ayrılarak hafif topuk ilave edilmiştir.

16.yüzyılda yüksek topuk modası başlamış, gerçek ayakkabılar 17.yüzyılda ortaya çıkmış ve zamanımıza kadar modanın etkisi altında çeşitli değişikliklere uğramıştır (70).

UYGUN AYAKKABININ ÖZELLİKLERİ: Zamanımızda her tip ayakkabı yapılabildiği halde ayakkabı yapanların ayak anatomisini ve fizyolojisini bilmeden, çoğu zaman modanın baskısı altında yaptıkları ayakkabılar ayak problemlerinin artmasına yol açar (26,27,70). Ayrıca günlük yaşantıda insanların uzun süre ayakta kalmaları, ayağın tabii zemin yerine sert ve düz zemin üzerine basması da, ayak problemlerinin artmasına neden olan diğer bir faktördür (53,70).

Çıplak ayakla arazide dolaşan ilkel kavimlerde ayak problemleri şehirde yaşayanlardan daha az görülmektedir (70). Sim-Fook ve Hodgson, Çin halkında ayakkabı giyenler ile giymeyenleri karşılaştırarak, ayakkabıların zıt etkilerini göstermişlerdir. Çalışmalarında ayakkabı kullananlarda esnekliğin azaldığı ve ayak deformitelerinin arttığı açıkça görülmüştür (86). Yüksek topuklu ve sivri uçlu ayakkabılar arada giyilebilir, fakat günlük yaşantıda devamlı kullanılması zararlıdır (70).

Thornton, ayakkabının avantajlarını şöyle sıralamıştır;

1. Anormal fonksiyonlarda, ayağı korumak (örneğin, fut-

bolda topa tekme atma),

2. Ayak anomalilerinin tedavisinde yardımcı olmak,
3. Kıyafeti tamamlamak.

Thornton, ayakkabıda iki esas isimden bahseder. Bunlar, sandal ve makosen olup, diğer bütün ayakkabılar bunların kombinasyonudur (104).

Uygun ayakkabının özellikleri ise şunlardır;

1. Ayakkabının iç kenarı, topuk ve baş parmağı düz bir hat üzerinde tutmalı, birinci metatars başını geçince dışa doğru dönmemelidir.

2. Ayakkabının iç kenarı, topuk ve I. metatars başı arasında ayagın mediyal longitudinal arkına uyacak şekilde konkavlaşmalı ve arkı desteklemelidir.

3. Ayak parmaklarının yanlarından ve üstten sıkışmadan fonksiyon görebilmeleri için ayakkabının uç kısmı sivri olmamalı, uygun genişlikte ve yükseklikte olmalıdır.

4. Ayakkabının tabanı, vücut ağırlığı ile deforme olmayacak kalınlıkta ve sertlikte olmalı, fakat ayakkabının ön kısmı esneyebilmelidir.

5. Topuk mümkün olduğu kadar geniş yüzeyli ve düz kenarlı olmalıdır. Yürüme çağına kadar topuk konması şart değildir. Çocuklarda 1,5 cm.den yüksek olmamalıdır. Adölesan çağıdaki kız çocuklarda 3,5 cm.'e kadar topuk konulabilir. Erişkin erkeklerde 2 cm., kadınlarda ise 3,5-5 cm. olmalıdır (27,39,70,90,94,104).

Yüksek topukların ayak fizyolojisi yönünden önemi vardır. Bunlar;

- a. Yüksek topuk postüral kasların tonusunda azalmaya neden olur ve plantar fasyanın gerilimini arttırır,
 - b. Ayağın öne doğru hareketindeki manevrayı azaltarak, kaldırmak için gerekli olan kas kuvvetini arttırır,
 - c. Aşil tendonunda kısalmaya neden olarak hamstringlerde gevşeme düzeninin bozulmasına sebep olarak postüral mekanizmayı bozar,
 - d. Ayak parmaklarında az yada çok ekstansiyona sebep olur,
 - e. Özellikle ağırlık taşımayan yapılar olan orta metatarsallerin eklem yüzleri üzerine ağırlık artmasına neden olur,
 - f. Yürümede enerji harcamasının artmasına yol açar(74)
6. Ayakkabının duvarları, içte daha fazla olmak şartıyla sert olmalıdır.
7. Ayakkabının yan duvarları çok yüksek olmamakla beraber, ayak bileğini içine almalıdır.
8. Çocuklar yürümeye başladıktan sonra pronasyonu engellemek için topuk iç kaması konulmalıdır. Bu kama iki yaşına kadar ortalama 1,5 mm. 2-5 yaşları arasında 3 mm., 5 yaşından sonra ise 5 mm. olmalıdır.
9. Çocuklarda topuk, mediyal tarafta tabana ve mediyal longitudinal arka destek sağlaması için daha uzun olmalıdır (Thomas topuk).

10. Ayakkabı yeterli uzunlukta olmalı ve topuğu tam uyumla sarmalıdır (27,39,70,90,94,104).

Ayakkabıda Yapılan Düzeltmeler: Çocukluk çağında ve erişkin çağda olmak üzere incelenir.

Çocuklarda denge bozukluğu sonucu birinci derecede görülen pronasyondur. Tedavinin ilk adımı pronasyonun düzeltilmesidir. Hafif olgularda daha önce özellikleri belirtilen tipte bir ayakkabı vermek yeterlidir. Eğer talusun başı orta derecede aşağıya doğru kaymışsa, "Talusun Plantar Fleksiyonu" vardır. Bu durumda ayakkabıya ilave destekler konulması gerekir. En basit ilave skafoïd yastıktır. Skafoïd yastık çocuğun yaşına bağlı olup, 0,9-1,5 cm. arasında değişmektedir. Daha şiddetli olgular için longitudinal ark takviyeleri, keçe ya da plastik köpükler kullanılabilir. Ark takviyesinin özellikleri daha önce belirtildiği şekilde olmalıdır (39,70,94,104).

Pes planusun düzelmesi ya da düzelmemesi, bu tür desteklerin kullanılma süresine bağlıdır. Adölesan çağdaki çocuklarda da topuğa iç kama, skafoïd yastık ve Thomas topuk kullanılabilir. Pes planusun şiddetli olduğu olgularda Whitman'ın çelik takviyesi verilmelidir (39).

Erişkinlerde ise hastanın ayağındaki patolojiyi ve ayakkabıları değerlendirdikten sonra uygun değişiklikler yapılmalıdır. Hastalar ayakkabı alırken hiç olmazsa yarım numara

ra büyük almalıdır. Bu aynı zamanda longitudinal ark takviyesi için de faydalıdır.

Modifiye ayakkabı, küçük parmağında ağırlı nasır ya da iltihabi şişlik olan hastalarda rahatlatmak için verilir. Kombine ayakkabılarda sadece ayakkabının ön kısmı genişler ve ayakkabının dayanması için cam lifi ile desteklenir. Bu özellikle pronasyondaki ayaklarda gereklidir. Ayacağının ön kısmında deformite olan hastalar için ayakkabının ön kısmının derin ve geniş olması gereklidir. Ayakkabı topuğunun iç kısmı da modifiye edilebilir. Ayacağının arka kısmında ya da ayak bileğinde hareket limitasyonu olan hastalarda esnekliği sağlayan ve yürümeye yardımcı olan topuklar kullanılır (26,27,70,104).

Fiziksel yetersizliği olan kişilerin değişik aktivitelerde harcadıkları enerjinin bilinmesi, uygulanan tedavi programının amaca yönelik olmasını sağlayacaktır (3).

Her aktivite kendine özgü fizyolojik cevaplar oluşturur ve bu cevaplar yapılan aktiviteye, fizyolojik sistemlerin uyum göstermesi nedeniyledir (65).

Aktivite sırasında kardiyovasküler fonksiyonda meydana gelen değişiklikleri, yalnız yaş ve seks değil, aynı zamanda postür, total kas kütesinin egzersize iştirak yüzdesi, çevre şartları gibi birçok faktör etkilemektedir (14,15,43,75,76). Ayrıca, yapılan egzersizin izometrik veya izotonik oluşu da kardiyovasküler fonksiyonda farklı etkiler meydana getirir (22).

NORMAL KİŞİLERDE FİZİKSEL AKTİVİTENİN KAN BASINCINA

ETKİLERİ: Değişik organlardan geçen kan miktarı sabit olmayıp, yapılan aktiviteye göre değişir. Aktivite ile artan oksijen gereksinimini sağlamak için kaslardaki kan miktarı artar. Kan akımının hızı, atım hacmi ve arteriyal kan basıncına bağlı olduğu için aktivite sırasında arteriyal kan basıncının yükselmesi, egzersiz sırasında fizyolojik uyum için önemli ve beklenen bir durumdur (5,10,65).

Arterial kan basıncının devam etmesinde önemli faktörlerden birisi kalbin pompa görevidir. Ayrıca vazokonstrüksiyona bağlı olarak,arterlerde kan akışına olan periferel direnç ve dolaşan kan hacmi de önemlidir (65).

Normalde, dinlenmede sistolik kan basıncı 110-135 mm. Hg., diyastolik basınç ise 60-99 mm.Hg.'dir. Bu değerler kadınlarda erkeklere göre biraz daha düşüktür (51). Astrand ise dinlenmede normal sistolik ve diyastolik kan basıncı değerlerini 120 ve 80 mm. Hg. olduğunu ve bu değerlerin egzersiz ile 175 ve 110 mm.Hg.'ye çıkabileceğini açıklamaktadır (10).

Postüral değişiklik, kan basıncını etkilemektedir. A-yakta duruş pozisyonunda, yatar pozisyona göre daha fazladır (10). Heyecan, korku ve endişe gibi durumlar da sistolik kan basıncını yükseltmektedir (65).

Egzersiz sırasında diyastolik kan basıncındaki değişiklikler az, sistolik kan basıncındaki değişiklikler ise daha

fazladır (51).

Astrand ve arkadaşları (1965), kol ve bacak egzersizleri sırasında kan basıncı değerlerinde artma meydana geldiğini, bu artmanın üst ekstremitelerde egzersizlerinde daha belirgin bir şekilde olduğunu göstermişlerdir (9).

NORMAL KİŞİLERDE FİZİKSEL AKTİVİTENİN KALP HIZINA

ETKİLERİ: Kalpte kasılma meydana getiren impulslar, sinoatriyel düğümden doğarlar. Bu nedenle kalp uyarılmak için sinir sistemine bağlı değildir. Ancak, kalbe gelen otonom sinir sistemine ait sinirlerin, kalbin aktivitesinin düzenlenmesinde rolü vardır. Bunlar;

- a. N.Vagus - kalbi yavaşlatır,
- b. Sempatik sinirler - kalbi hızlandırır (10,65).

Egzersiz sırasında kalp atım sayısındaki artmanın aşağıdaki faktörlere bağlı olduğuna inanılmaktadır;

1. N.Vagus'un kalbe olan inhibitör etkisinde azalma,
2. Sempatik sinirlerin etkisi ile kalbin uyarılmasının artması,
3. Vücut ısısının ve adrenalin salgılanmasının artması (65).

Kalp atım sayısını arttıran diğer faktörler ise karbondioksit yüzdesinin ve ısının artması, kanın oksijen yüzdesinin azalmasıdır (65).

İstirahatte kalp hızı; yaş, seks, fiziksel uygunluk,

emosyonel durum ve çevre şartları gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Vücut ağırlığı, yapısı ve tipi ile kalp hızı arasında çok az bir ilişki olduğu görülmektedir (10). Yapılan bir araştırma genç erişkinlerde sabah kahvaltıdan önce yatar pozisyonda kalp hızının ortalama dakikada 64 olduğunu göstermiştir. Ancak kişilerin tek tek değerleri incelendiğinde dakikada 38 ile 110 arasında değiştiği görülmüştür (51).

Kalp hızı, doğuştan 130 kadardır, fakat adölesan çağa kadar azalmakta, daha sonra yaş artımı ile orantılı olarak artma göstermektedir (65).

Yapılan birçok gözlem kalp hızının vücut pozisyonu ile ilgili olduğunu göstermiştir. Kalp hızı yatarken en düşük, otururken biraz daha yüksek ayakta ise en fazladır. Kalp hızında pozisyon değişikliği ile büyük bir fark görülmemesi, kişinin iyi bir fizik kondüsyona sahip olduğunu göstermektedir (51,65).

Emosyonel durum adrenalin salgısında artma meydana getirdiği için kalbin kasılma gücünü ve atım sayısını arttırmaktadır (65).

Kalp hızı egzersizle de artar ve maksimal düzeye erişme süresi kişinin fiziksel uygunluğuna, ortamın ısısına ve yapılan egzersizin tipine (egzersizin şiddeti ve süresi) göre değişir (10,51,65).

Egzersize başladıktan hemen sonra kalp hızlanır ve birkaç saniye sonra belli bir düzeyde durarak, maksimal düzeye dereceli olarak yükselir. Bu hızlanmanın serebral korteksin medulladaki kardiyak merkezlere etkisi nedeniyle meydana geldiğine inanılmaktadır. Maksimal düzeye erişme süresi kişiye göre değişmektedir. Bazı kişilerde ilk dakikada, bazılarında ise bir saatten fazla sürede maksimal düzeye ulaşır (51, 65).

Bazal şartlarda kadınların kalp hızları, erkeklerden 7-8 atım daha fazladır. Ayrıca, vücut ağırlığı, yapısı, tipi, alınan gıda, günün zamanı, emosyonel durum ve fiziksel aktiviteye göre de değişir (51).

Egzersiz sırasında maksimal kalp hızı için standart sapma ± 10 'dur. Egzersizin tipi kalp hızını etkilemektedir. Kalp hızında en fazla artma sürat egzersizlerinde, en az artma ise izometrik egzersizlerde görülmektedir (10). Ayrıca, egzersizin yapıldığı ortam da kalp hızını etkiler(51). Birger ve arkadaşları (1977), yaptıkları araştırmada kalp hızının su içerisinde yapılan egzersizlerde, su dışında yapılan egzersizlerden daha fazla bir artış gösterdiğini belirtmişlerdir (16).

Belli bir iş yükünde aynı metabolik değere sahip olduğu halde üst ekstremitelerle yapılan egzersizlerde, alt ekstremitelerle yapılan egzersizlere göre kalp hızı daha fazla artmaktadır (9,16).

Fizik kondüsyonu iyi olan kişilerin herhangi bir iş için kalp atım sayılarında artma daha azdır, çünkü bu kişiler daha büyük bir atım hacmine sahiptir (65).

Egzersizden sonra kalp atım sayısının normale dönmesi için gerekli zaman yani toparlanma süresi, egzersizin şiddetine ve kişinin fizik kondüsyonuna bağlıdır. Fizik kondüsyonu iyi olanlarda toparlanma daha çabuk olmaktadır (5,65). Yatak istirahati ile fizik kondüsyon azaldığı için 20 gün yatak istirahatine alınan 5 gençte yapılan bir çalışmada, istirahat öncesi ve sonrası ölçülen egzersiz kalp hızları 129/dak. 'dan 154/dak.'ya çıkmıştır (79).

Egzersiz sonrası kalp hızı, oksijen tüketiminden daha yavaş normale dönmektedir (10,46).

NORMAL KİŞİLERDE FİZİKSEL AKTİVİTENİN OKSİJEN TÜKETİMİNE ETKİLERİ: Kişinin yaptığı fiziksel aktiviteye bağlı olarak bazal gereksinimin çok üstünde enerji tüketimi olur. Bu enerji tüketimindeki artış aktivitenin tipine, süresine ve vücudun pozisyonuna göre değişmektedir (4).

Bir aktivitenin enerji gereksinimi, o aktivite sırasında kullanılan oksijen miktarının tayini ile saptanmaktadır (65). Normal bir kişi için istirahat anında vücut dakikada 200-300 ml/dk oksijen harcar. Yorucu bir aktivite sırasında bu değer 20 misline çıkabilir (51). Belirli bir egzersiz düzeyinde oksijen tüketimi yavaş olarak artar (46) ve

3-5 dakika içerisinde dengeli bir düzeye ulaşarak, bu düzeyde egzersiz süresince sabit kalır (65). Egzersiz sırasındaki oksijen gereksinimi egzersizin şiddetine, süresine, çalışan kas gruplarının büyüklüğüne ve kişinin fizik kondüsyonuna bağlıdır (51,65).

Enerji harcamasının hızı, vücudun pozisyonuna (oturma, ayakta durma, yürüme, yokuş çıkma gibi) ve kas kuvvetine göre de farklılık göstermektedir. Örneğin, sırt üstü yatarken enerji harcaması 1.0 kal./dak., oturma pozisyonunda 1.2 kal./dak., ayakta durma pozisyonunda ise 1.4 kal./dak.'dır (42).

İstirahatte veya aktivite sırasında oksijen tüketimleri, kapalı ya da açık devre yöntemleri ile ölçülebilir (65).

Maksimum oksijen tüketiminin belirlenmesi için en çok kullanılan efor testleri, koşubandı (treadmill) ve bisiklet ergometresidir (22,46). Koşubandı efor testi, deneysel durumların kontrolüne izin verdiği ve üzerinde yürümenin normal yürüyüşe özdeş olması nedeniyle, aktivite sırasında yapılan testler için tercih edilmektedir (96).

Enerji tüketimini vücut ağırlığı, seks ve yürümenin hızının etkilediği konusunda çalışmalar yapılmıştır (12,25,60).

Workman (1963), yürüme ve koşma aktivitelerinin incelenmesine, 1899 yılında Braune ve Ficher'in yaptığı çalışmalarla başladığını belirterek, sağlıklı genç erkekler üzerinde oksijen ve enerji tüketimlerini incelemiş, koşubandında

yürümenin kişinin vücut ağırlığı ile ilgili olmadığını açıklamıştır (102).

Vücut ağırlığı, birçok egzersizde enerji harcamasını etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle vücut yüzeyi daha fazla olan kişilerde yürüme ve koşma gibi vücut ağırlığını ileri doğru aktarmanın gerektiği egzersizlerde enerji harcamasındaki artmanın vücut ağırlığı ile doğrusal bir ilişkisi olduğu yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (61).

Knuttgen ve Emerson (1974), normal hamileler üzerinde dinlenmede ve dereceli egzersizde fizyolojik değişiklikleri 13 olgu üzerinde araştırmışlardır. Oksijen tüketimlerini hem koşubandında yürümede (%4 eğimde ve 4,5 km./saat hızda) ve hem de bisiklet ergometresinde (60 watt'da) değerlendirmişler, oksijen tüketimlerini dinlenmede ve koşubandında artmış olduğunu bulmuşlardır. Bu artışı da vücut ağırlığındaki değişime bağlamışlardır. Ergometrede yapılan testlerde ise vücut ağırlığı bisiklet üzerinde desteklendiği için oksijen tüketiminin değişmediğini belirtmişlerdir. (54).

Fisher ve Gullicson (1978), normal ve sakatlığı olan kişilerin yürümeleri ile ilgili kaynak taraması yaparak, normal bir kişide yürüme hızı 83m./dak. olduğunda enerji tüketiminin 0,063 kkal./dak. /Kg. ya da 0,00764 kkal./m/Kg. olduğunu belirtmişlerdir. Aynı yazarlar, bu bilgilerin ışığı altında sakatlığı olan kişilerde yürüme daha yavaş olduğu için dakikadaki enerji tüketiminin daha fazla olacağını ifa-

de etmişlerdir (34).

Maksimal oksijen tüketimi, kişinin fizyolojik egzersiz yapma kapasitesini gösteren önemli bir kriterdir (76,77).

Yaş, seks, vücut ağırlığı ve fizik aktivite durumu maksimal oksijen alınımını etkiler (1,10). Rowell (1974), maksimum oksijen tüketiminin şartlarına ve fizyolojik uygulamalarını kapsamlı olarak incelemiştir (77). Oksijen tüketimi herhangi bir iş yükünde en az 3 dak. çalışarak 5-10 dakika yorgunluk meydana getirecek şiddette ölçülmektedir (10). Herhangi bir iş yükünde en az 3 dakika çalıştıktan sonra o efor düzeyinde tam uyum sağlanmaktadır. Buna "Steady State" yani dengeli durum adı verilmektedir (41).

Maksimum aerobik güç ya da maksimum oksijen tüketimi fiziksel uygunluğun endurans kapasitesinin belirlenmesinde önemlidir. Yaş, seks ve maksimum oksijen tüketimi gibi etmenler oksijen tüketimi (enerji tüketimi) ve yürüme hızı arasındaki ilişkiyi etkilemektedir (44).

Maksimal oksijen tüketimini yaş ve cinsiyet az da olsa etkilemekte, ancak yaş ilerledikçe değeri değişmektedir. Kadın ve erkekler arasında %15-20 fark vardır (78). Yapılan araştırmalarda, gençlerde eğitimle istirahat oksijen tüketiminde artma olduğu, atletlerde ise hafif azalma olduğu gözlenmiştir (31,79). Eğitimle maksimal oksijen tüketiminde %14 gibi beklenmedik bir artış görülmüştür (80). Orta yaşlı kişilerde (pasif kişilerde) yapılan bir çalışmada eğitimle maksimal oksijen tüketiminde %19'luk bir artma bulunmuştur (85).

Egzersiz sırasında maksimum oksijen tüketimi genç erkeklerde 40-50 ml/Kg/Dak. vücut ağırlığı olarak, oksijen nabız (oxygen pulse) değeri ise 17,0 ml/atım olarak bulunmuştur (32). Egzersiz sırasındaki maksimal oksijen alınımında artma ile orantılı olarak oksijen nabız yani bir kalp atımı ile taşınan oksijen miktarı (dakikadaki maksimal oksijen alınımı / dakikadaki kalp atım sayısı) ve pulmoner ventilasyonda da artma olur. Yalnızca eğitilmiş kaslarla egzersiz yapıldığında, ölçülen maksimal oksijen alınımında artma meydana gelmektedir (10).

Egzersiz sırasındaki oksijen nabız değeri en fazla 11-17 ml/atım olarak değişmektedir. Bu değer ağır aktivitelerde daha yüksek değerlere çıkmaktadır (51).

Hermansen ve Saltın (1969), koşubandı ve bisiklet ergometresinde maksimum oksijen tüketimini araştırmışlar, koşubandında 4,18 lt/dak., bisiklet ergometresinde ise maksimum iş yükünde 3,90 lt/dak. bulmuşlardır. Kalp hızında iki test arasında fark bulunmamış, fakat koşubandında oksijen tüketiminde 0,28 lt/dak. kadar bir artma saptamışlardır (46). Astrand ve Saltın (1961), büyük kas gruplarını kullanarak değişik fiziksel aktiviteleri karşılaştırmışlar, bisiklet çevirme ile kayak yapma sırasında (hem el, hem de ayakların kullanıldığı aktivite) maksimal oksijen tüketimleri arasında bir fark olmadığını bulmuşlardır (7).

Yürüme sırasında oksijen tüketiminde yürünen yüzeyin önemi büyüktür. Kumda yürüme, sert zeminde yürümeye oranla

iki kat daha fazla oksijen tüketimine sebep olmaktadır (4). Ralston (1960), sert zemin ve koşubandında yürüme üzerine yaptığı çalışmada, 2,93 km/saat ve 5,86 km/saat hızla sert zemin ve koşubandında yürüyüşte sağlıklı kişilerin oksijen tüketimini aynı bulmuştur (73).

Huang ise, düz yol ve koşubandında 3,2 ve 4,8 km/saat hız ile yürümede, sağlıklı kişilerin düz yolda yürümeleri sırasında daha fazla oksijen tükettiklerini açıklamıştır. Aynı araştırmacı, 6,4 km/saat hız ile yürümede oksijen tüketiminin değişmediğini belirtmiştir (4).

Belirli bir hızdan sonra yürüme, koşmaya oranla daha fazla oksijen tüketimine sebep olmaktadır. Yürüme yarışı ile olimpiyata katılan 5 atlet, koşubandında da teste alınmışlar, bu atletlerin ortalama yürüme hızı 13 km/saat olarak bulunmuştur. Bu hızla yürümeleri sırasında, koşmadan daha fazla oksijen tükettikleri saptanmıştır. Enerji tüketiminde 8 km/saat ve bunun üstündeki hızlarda yürüme yerine koşma daha ekonomik olmaktadır (4).

Günlük yaşantıda yapılan aktiviteler, enerji tüketimlerine göre gruplandırılabilir;

1. Hafif Aktiviteler; Oturma, giyinme, soyunma, el-yüz yıkama ve yürüme olup, bu aktivitelerde 2.6-4.9 kal./dak. gereksinim vardır.

2. Orta Derecede Aktiviteler; Yatak yapma, merdiven çı-

kıp-inme ve bahçe işleri olup, 5-7.5 kal./dak. gereksinim vardır.

3. Ağır Aktiviteler; Odun kırma, koşma, spor karşılaşması gibi aktiviteler olup, 7.6-10.0 kal./dak. gereksinim vardır.

4. Çok Ağır Aktiviteler; Ağır yük taşıma, yükle merdiven ve yokuş çıkma olup, 10.1 - 12.5 kal./dak. gereksinim vardır.

5. Aşırı Ağır Aktiviteler; 30 Kg. yük ile yokuş çıkma gibi aktiviteler olup, bu aktivitelerde de 12.5 ve daha üstü kal./dak. gereksinim olmaktadır (42).

Bu aktivitelerin sınıflandırılması, kardiyovasküler cevaplarda da kullanılabilir.

Aktivitelere göre oksijen tüketimi;

1. Hafif aktivitelerde 0.5 lt./dak. ile üstü,
2. Orta derecede aktivitelerde 0.5-1.0 lt./dak.,
3. Ağır aktivitelerde 1.0-1.5 lt./dak.,
4. Çok ağır aktivitelerde 1.5-2.0 lt./dak.,
5. Aşırı ağır aktivitelerde ise 2.0 lt./dak. ve üstüdür.

Aktivitelere göre kalp hızı;

1. Hafif aktivitelerde 90/dak. atım ve üstü,
2. Orta derecede aktivitelerde 90-110 atım/dak.,
3. Ağır aktivitelerde 110-130 atım/dak.,
4. Çok ağır aktivitelerde 130-150 atım/dak.,
5. Aşırı ağır aktivitelerde ise 150-170 atım/dak.'dır.

(10).

Hafif aktiviteler genellikle üst ekstremiteleri, orta ve ağır aktiviteler ise alt ekstremiteler ve gövde kaslarının çalışmasını içerir. Su içinde ve dışında yapılan egzersizlerde, alt ekstremiteleri içeren egzersizler sırasında enerji harcamasının daha fazla olduğu görülmüştür (3).

Fiziksel kapasite, maksimum oksijen tüketimi, iş yükü, kalp hızı ve oksijen nabız ile değerlendirilmektedir (10).

Aktivite sırasında gerekli olan enerji, o iş sırasında kullanılan oksijen veya dinlenme metabolizmasının katları şeklinde ifade edilir. Dinlenme sırasındaki oksijen tüketimi katları MET olarak bilinir ve aşağıdaki formülle hesaplanır;

$$\text{MET} = \frac{\text{Egzersiz Oksijen Tüketimi}}{\text{Dinlenme Oksijen Tüketimi}} \quad (65).$$

1 MET = Dinlenme oksijen tüketimidir ve bu değer de kadın ve erkeklerde ortalama 200-250 ml./dak.'dır (61).

Maksimum oksijen tüketimi ise kişinin vücut ağırlığının Kg.'ı başına şu formülle hesaplanır;

$$\text{Maksimum Oksijen Tüketimi (ml./kg./dak.)} = \frac{\text{Maksimum Oksijen Tüketimi (ml./dak)}}{\text{Vücut Ağırlığı (Kg.)}} \quad (51).$$

1 MET vücut ağırlığının her bir üniti için yaklaşık 3.6 ml./kg./dak.'dır (61).

Fiziksel egzersiz sırasında bütün vücudun metabolik fonksiyonları, sinir, kas, dolaşım ve solunum sistemlerini içine alan koordine ve kompanzatuvar uyumlar meydana gelir.

Yürüme, koşma, tırmanma ve destek sağlama gibi çok önemli fonksiyonlara sahip olan ayağın herhangi bir bozukluğu da yukarıda sayılan fizyolojik uyumların bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle sağlıklı bir kişide egzersizle meydana gelen fizyolojik değişikliklerin bilinmesi, fiziksel bozukluğu olan kişilerin tedavi programlarının düzenlenmesinde ve tedavinin ne derece yardımcı olduğunun anlaşılmasında faydalı olacaktır.

G E R E Ç ve Y Ö N T E M

Pes planusu olan kişilerin genellikle yorgunluktan ve bazen de ağrıdan şikayet ettikleri bilinmektedir. Uygun ark takviyeleri verildikten sonra bu şikayetlerinin çoğunlukla azaldığı ya da kaybolduğu pes planuslu kişiler tarafından ifade edilmekle birlikte, olayın subjektiflik derecesini belirlemek ve enerji harcamasının göstergesi olan oksijen tüketiminde herhangi bir değişikliğin olup olmadığını saptamak için bu çalışmada 20 sağlıklı pes planus olgusu alınmıştır.

Olguların hepsi kadın olup, Hacettepe Üniversitesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalına baş vuran, yapılan klinik ve radyolojik muayeneleri sonucu pes planus tanısı konan kişilerdir.

Olgularda Pes Planusun Değerlendirilmesi:

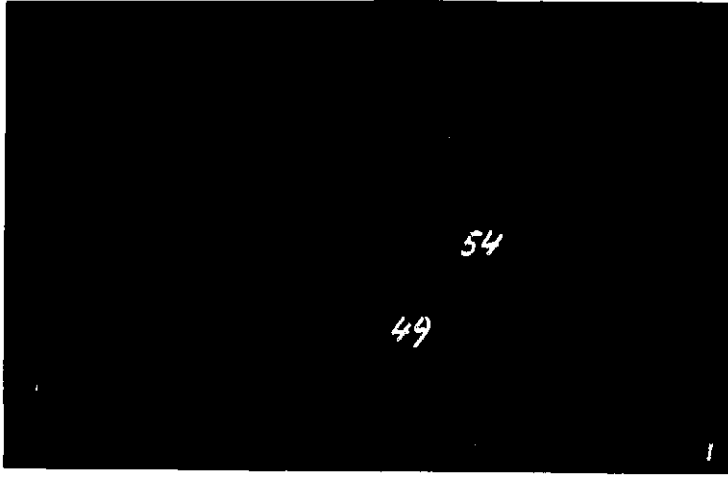
1. 20 pes planuslu olgunun önce antero-posteriyor ve lateralden ağırlıklı radyografileri çekilmiştir.

2. Pes planusun açısal değerleri, lateralden talus ile kalkaneus arasındaki talokalkaneal açı ve talusun plantar açısı ile saptanmıştır.

Lateral radyografide, normalde talusu ortadan iki eşit parçaya bölen hat ile I.metatarsali ortadan iki eşit parçaya bölen hat aynı doğrultuda bulunmaktadır. Pes planuslu olgu-

larda ise bu iki hat arasında geniş bir açı meydana gelir. Ayrıca, talusun uzun eksenini ile kalkaneusun uzun eksenleri arasında meydana gelen talokalkaneal açının normal değeri de 25 ile 35 derece arasında değişmekte olup, bu değerlerin artmış olması pes planusu göstermektedir (Resim I) (68).

Talusun plantar fleksiyon açısı ise talusun uzun eksenini ile horizontal düzlem arasında kalan açı olup, çeşitli yazarlara göre farklı değerler almasına karşın, ortalama değeri 35 derecedir (Resim I) (17).



Resim I: T.Ş.'ye ait Lateral Radyografi.

t=Talusun Uzun Eksenini,

k=Kalkaneusun Uzun Eksenini,

h=Horizontal Düzlem.

Ayağın lateral radyografisinde mediyal longitudinal arkı meydana getiren kemiklerin pozisyonları ve ilişkileri daha iyi görülmektedir. Ayrıca, pes planusta genellikle talusun

plantar fleksiyonunun artması nedeni ile bu çalışmada lateral radyografi üzerinde talokalkaneal açı ve talusun plantar fleksiyon açı değerlerinin saptanması tercih edilmiştir.

3. Olguların ayaklarının plantar yüzlerindeki ağırlık dağılımının gözlenmesi için tabanları kolay çıkabilen bir mürekkep ile boyanarak, ayakta duruş pozisyonunda ayak izleri çıkartılmıştır.

4. Olgular ayrıca postür analizi, kas testi ve kısalık testleri yönünden de değerlendirilmişlerdir.

5. Daha sonra, olguların ark takviyesiz durumlarında yürümenin fonksiyonel değerlendirilmesi için koşubandı (Treadmill) efor testi kullanılmıştır. Çalışmamızda kullanılan "Avionics Biomedical Instrumentation" firmasının koşubandı aletidir.

Efor testine başlamadan önce olguların EKG'leri çekilerek, hekim tarafından kontrolleri yapılmıştır. Testler, yemeklerden 2 saat sonra uygulanmış ve olguların boyları ile kiloları saptandıktan sonra oturma pozisyonunda başlangıç oksijen tüketimleri ölçülmüştür. Oksijen tüketiminin ölçülmesinde Versatronik firmasının "Oxygen Consumption Computer Model O-1000" aleti kullanılmıştır ve bu alet oksijen tüketimini ml./dak. olarak ölçmektedir (Resim 2).



M.I.P.'ye Ait Ayak İzi.



Resim 2: Başlangıç Oksijen Tüketiminin Ölçülmesi ve
Versatronik Firmasının "Oxygen Consumption
Computer Model O-1000" Aleti.

Başlangıç oksijen tüketiminin ölçülmesinden sonra olguların elektrotları bağlanmış ve ayakta CR_4 derivasyonundan prekordiyal elektrokardiyografileri alınarak başlangıç kalp hızları saptanmıştır. Test süresince kayıtlara devam edilerek kalp hızlarının değerleri alınmıştır.

Ayrıca, olguların koşubandında ayakta durma pozisyonunda başlangıç sistolik ve diyastolik kan basınçlarına bakılmış ve civalı tansiyon aleti test süresince olguların kolunda tutulmuştur.

Teste başlamadan olgulara koşubandında nasıl yürüye-

cekleri gösterilmiş ve önce düz eğimde 3 mil/saat (4.83 km/saat) hızla 6 dakika yürütölmüşler, bu sürenin sonunda sistolik ve diyastolik kan basınçlarına, EKG'leri alınarak kalp hızlarına ve oksijen tüketimlerine bakılmıştır (Resim 3).



Resim 3: Koşubandında Yürüme ve Efor Oksijen Tüketiminin Ölçölmesi.

Teste devam edilerek koşubandının eğimi % 10'a çıkartılmış, 4 mil/saat (6.44 km/saat) hızla 6 dakika yürütölmüşler, yine bu süre sonunda aynı değerlere bakılmış ve koşubandının eğimi % 20'ye çıkartılarak 5 mil /saat (8.05-

km/saat) hızla yürütölmüşler, 6 dakika sonunda kan basınçları ölçölüp, EKG'leri alınarak kalp hızları belirlenmiş ve oksijen tüketimleri saptanarak testin birinci aşaması sonlandırılmıştır.

Testin bitiminde koşubandı durdurularak 1,3 ve 5'inci dakikalarda toparlanma sistolik ve diyastolik kan basınçları ölçölmüş, EKG'leri alınarak kalp hızları belirlenmiştir.

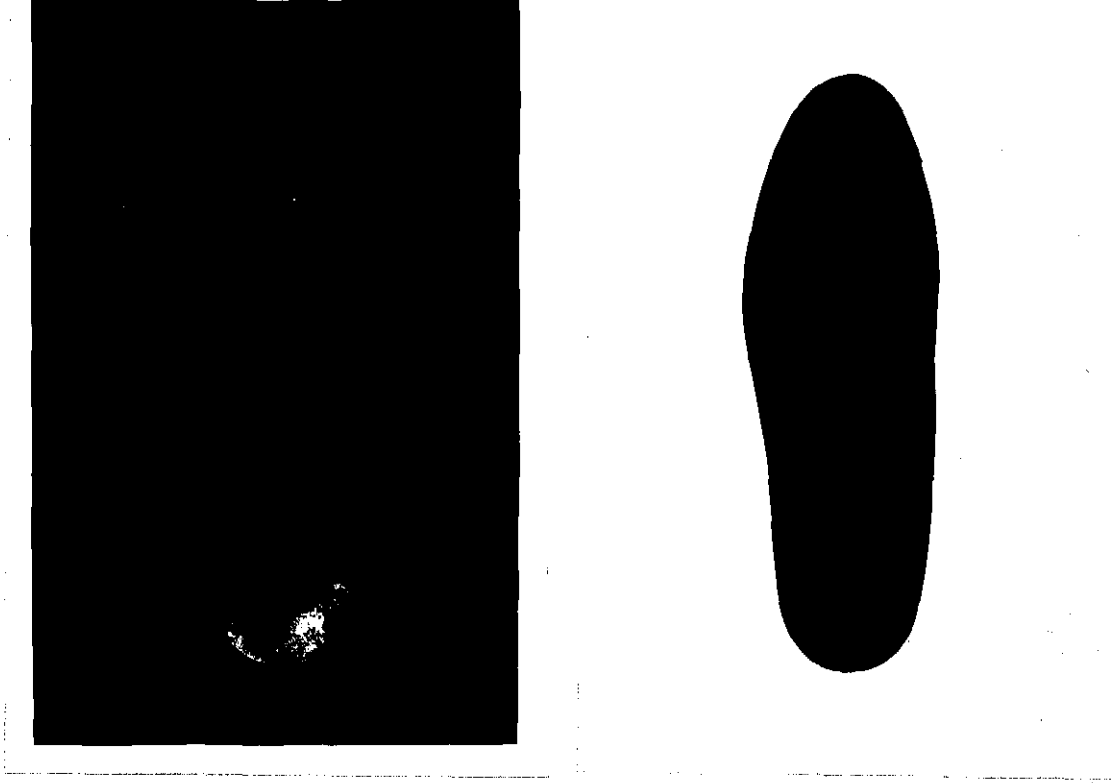
Her kişinin testi sırasında oda sıcaklığı C° olarak ölçölmüştür.

Koşubandı efor testleri, Hacettepe Üniversitesi, Fizyoterapi-Rehabilitasyon Yüksek okulu, Kardiyak Rehabilitasyon Ünitesinde yapılmıştır.

6. Olguların Ark Takviyeleri: Olguların ilk değeriendirilmelerinden sonra, bir kağıt üzerine ayağın dış hatları çizilmiştir. I.metatars başı, kalkaneusun mediyal tüberkülü ve sustantakulum tali işaretlenerek, bu noktaların topuktan olan uzaklıkları metal bir cetvelle ölçölmüştür.

Ark takviyelerinin ayakkabı içerisine tam uyumu ve olguların günlük yaşamlarında devamlı kullanabilmeleri için polietilenden yapılan takviye, ayakkabının içine uygun bir şekilde kesilen kösele ile deri arasına yerleştirilmiştir (Resim 4). Çünkü piyasada satılan portatif ark takviyeleri ayakkabının içinde yer değıştirmekte, bu neden-

le de olması gereken yerde bulunmamaktadır.



Resim 4: Ark Takviyesinin Üstten ve Altan Görünümü.

Ark takviyeleri, Hacettepe Üniversitesi, Fizyoterapi-Rehabilitasyon Yüksek Okulu, Protez ve Yardımcı Cihazlar Atelyesi'nde yapılmıştır.

Olguların ark takviyesine alışmaları için 15 gün kullanma süresi verilmiştir. Takviyelerin amacı, ağırlık vermede ve yürümede yardımcı olmaktır.

7. Olguların 15 günlük ark takviyesine alışma sürelerinin sonunda kas testleri, kısalık testleri ve efor testleri tekrarlanmıştır. Efor testlerinin ikinci aşama-

sında olguların kalp hızları, kan basınçları, oksijen tüketimleri, ark takviyeli durumlarında ölçülmüş ve efor testlerinin ilk testlerle aynı hız ve eğimde, aynı oda sıcaklığında, günün aynı saatinde yapılmasına özen gösterilmiştir.

Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki;

- Başlangıç, efor ve toparlanma kalp hızı değerleri,
- Başlangıç, efor ve toparlanma sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri,
- Başlangıç ve efor oksijen tüketimi değerleri,
- $\text{MET} = \frac{\text{Efor Oksijen Tüketimi}}{\text{Başlangıç Oksijen Tüketimi}}$ değerleri,

$$\text{- Efor Oksijen Tüketimi} = \frac{\text{Efor Oksijen Tüketimi (ml/dak.)}}{\text{(ml/kg/dak.)} \quad \text{Vücut Ağırlığı (Kg.)}}$$

değerleri hesaplanmış, istatistiksel yöntemlerden "İki Eş Arasındaki Farkın Önemlilik Testi" uygulanarak karşılaştırılmıştır (93). Karşılaştırma sonuçları farklı bulunduğunda en küçük yanılma payı, farksız bulunduğunda ise 0.05'den büyük bir yanılma payı tercih edilmiştir.

B U L G U L A R

Araştırmaya alınan 20 pes planuslu olgunun yaşları 18 ile 38 arasında değişmekte olup, yaş ortalamaları 25.8 ± 1.31 'dir. Boyları ise 1.55 ile 1.69 m./cm. arasında olup, boy ortalamaları 1.60 ± 0.00036 m./cm.'dir. Olguların vücut ağırlıkları da değerlendirilmiş, 43 ile 63 kg. arasında değişmekte olup, ağırlıklarının ortalaması ise 53.25 ± 1.18 kg.'dır (Tablo I).

Feiss hattına göre pes planus derecelerinin ayaklara dağılımı, aşağıda özet olarak verilmiştir (Tablo I).

Sol Ayak				
Sağ Ayak	Pes planus	I.Derecede	2.Derecede	Toplam
	Dereceleri			
	I.Derecede	1 kişi	3 kişi	4 kişi
	2.Derecede	5 kişi	11 kişi	16 kişi
	Toplam	6 kişi	14 kişi	20 kişi

Olguların talokalkaneal açı değerleri 38.5 ile 59 derece arasında, talusun plantar fleksiyon açı değerleri ise 30 ile 55 derece arasında değişmektedir (Tablo I).

Olgulara yapılan postür analizinde, pes planusa ek olarak aşağıdaki postür bozuklukları bulunmuştur;

- 1 olguda halluksvalgus, genu valgum, yuvarlak omuz
öne çıkık baş,

- 1 olguda ön denge, dizlerde hafif fleksiyon, anterior pelvik tilt, lordoz, yuvarlak omuz,
- 1 olguda genu varum, yuvarlak omuz, öne çıkık baş,
- 1 olguda anterior pelvik tilt, lordoz,
- 1 olguda ön denge, çekiç parmak, transvers ark düşüklüğü, anterior pelvik tilt, lordoz, yuvarlak omuz, öne çıkık baş,
- 2 olguda tibial torsiyon, anterior pelvik tilt, lordoz,
- 1 olguda ön denge, tibial torsiyon, anterior pelvik tilt, lordoz,
- 2 olguda halluks valgus, anterior pelvik tilt, lordoz,
- 1 olguda ön denge, genu varum, tibial torsiyon,
- 1 olguda, ayaklarda eksternal rotasyon, transvers ark düşüklüğü, tibial torsiyon,
- 1 olguda halluks valgus, transver ark düşüklüğü, genu varum, tibial torsiyon,
- 1 olguda transvers ark düşüklüğü, genu varum,
- 1 olguda ön denge, ayaklarda pronasyon, tibial torsiyon, anterior pelvik tilt, lordoz, yuvarlak omuz,
- 1 olguda tibial torsiyon, genu rekurvatum, anterior pelvik tilt, lordoz, yuvarlak omuz, öne çıkık baş,
- 1 olguda ön denge, tibial torsiyon, anterior pelvik tilt, lordoz,
- 1 olguda tibial torsiyon, yuvarlak omuz, öne çıkık baş,
- 1 olguda genu varum, tibial torsiyon, yuvarlak omuz, öne çıkık baş,
- 1 olguda halluks valgus, yuvarlak omuz; olguların hep-

sinde (20 olguda) topuklarda valgus'da kaydedilmiştir.

Ayrıca olgulara yapılan yürüme analizinde ise;

- 2 olguda topuk vuruş fazı ile itme fazının olmadığı,
- 3 olguda topuk vuruş fazının olmadığı,
- 2 olguda da itme fazının olmadığı gözlenmiştir (Tablo II).

20 pes planuslu olguya ark takviyesi kullanmadan önce ve 15 gün ark takviyesi kullandıktan sonra yapılan kas testleri değerlerinde hiçbir fark bulunmamıştır (Tablo III).

Olgulara uygulanan kısalık testlerinde ise ark takviyesi kullanmadan önce M.Triseps Surea 8 olguda hafif kısa, I olguda kısa olarak tespit edilmiş, ark takviyesini 15 gün kullandıktan sonra 6 olguda hafif kısa olan M.Triseps Surea, normal bulunmuştur (Tablo III).

Olgulara yapılan efor testlerinde oda sıcaklığı her kişinin ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında aynı tutulmuş olup, oda sıcaklığı ortalaması 19.7 ± 0.25 C°'dır.

Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç, efor ve toparlanma kalp hızları karşılaştırılmıştır (Tablo IV).

1. Araştırmamızın sonuçlarına göre olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında, başlangıç kalp hızı

değerleri arasındaki farkın ortalaması 0.75 ± 0.6 'dır.
($p > 0.05$).

Başlangıç Kalp Hızı Değerleri Farkı^x

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	0.75	2.67	0.6	1.25	> 0.05

2. 20 pes planuslu olgu düz eğimde, 4.83 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında efor kalp hızı değerleri arasındaki farkın ortalaması 5.05 ± 1.07 'dir ($p < 0.01$).

Düz Eğimde, 4.83 km./saat Hızda Kalp Hızı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	5.05	4.79	1.07	4.72	< 0.01

3. Olgular %10 eğimde, 6.44 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında efor kalp hızı değerleri arasındaki farkın ortalaması da 8.55 ± 1.94 'dür ($p < 0.01$)

$x_{\bar{D}}$ = Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında aldıkları değerlerin farkının ortalaması,

S_D = Olguların aldıkları değerlerin farkının standart sapması,

$S_{\bar{D}}$ = Olguların aldıkları değerlerin farkının standart hatası.

% 10 Eğimde, 6.44 km./saat Hızda Kalp Hızı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	8.55	8.66	1.94	4.4	< 0.01

4. Olgular % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında efor kalp hızı değerleri arasındaki farkın ortalaması ise 14.6 ± 2.76 bulunmuştur ($p < 0.01$).

% 20 Eğimde, 8.05 km./saat Hızda Kalp Hızı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	14.6	12.34	2.76	5.29	< 0.01

5. Olguların 5'inci dakikada alınan toparlanma kalp hızı değerlerinin ark takviyesiz ve ark takviyeli durumları arasındaki farkın ortalaması 3.45 ± 1.18 'dir ($p < 0.01$).

Toparlanma Kalp Hızı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	3.45	5.28	1.18	2.92	< 0.01

Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç, efor ve toparlanma sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri de karşılaştırılmıştır (Tablo V ve VI).

1. Olguların başlangıç sistolik kan basıncının ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki değerleri arasındaki farkın ortalaması 1.75 ± 0.91 'dir ($p > 0.05$).

Başlangıç Sistolik Kan Basıncı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	1.75	4.06	0.91	1.92	> 0.05

2. Olgular düz eğimde, 4.83 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki sistolik kan basıncı değerleri arasındaki farkın ortalaması 2.25 ± 0.77 'dir ($p < 0.01$).

Düz Eğimde, 4.83 km./saat Hızda Sistolik Kan Basıncı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	2.25	3.43	0.77	2.92	< 0.01

3. Olgular % 10 eğimde, 6.44 km./saat hızla yürütüldükle-

rinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki efor sistolik kan basıncı değerleri arasındaki farkın ortalaması 4.25 ± 0.83 'dür ($p < 0.01$).

% 10 Eğimde, 6.44 km./Saat Hızda Sistolik Kan Basıncı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	4.25	3.73	0.83	5.12	< 0.01

4. Olgular % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızla yürütüldüklerinde ise ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki efor sistolik kan basıncı değerleri arasındaki farkın ortalaması 6.75 ± 0.91 bulunmuştur ($p < 0.01$).

% 20 Eğimde, 8.05 km./Saat Hızda Sistolik Kan Basıncı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	6.75	4.06	0.91	7.42	< 0.01

5. Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki 5'inci dakikada alınan toparlanma sistolik kan basıncı değerleri arasındaki farkın ortalaması 3.75 ± 0.8 bulunmuştur ($p < 0.01$).

Toparlanma Sistolik Kan Basıncı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ar Takviyeli	20	3.75	3.58	0.8	4.68	< 0.01

Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında diyastolik kan basıncı değerleri arasındaki farkın ortalama-ları ise;

1. Başlangıç anında ortalama 0.5 ± 0.5 ,
2. Düz eğimde, 4.83 km./saat hızla yürümeye ortalama 1 ± 0.58 ,
3. % 10 eğimde, 6.44 km./Saat hızla yürümeye ortalama 0.25 ± 0.57 ,
4. % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızla yürümeye ortalama 1.25 ± 0.88 ,
5. Toparlanma anında ortalama 0.25 ± 0.68 bulunmuştur ($p > 0.05$).

Diyastolik Kan Basıncı Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Başlangıç Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	0.5	2.24	0.5	1	> 0.05
Düz Eğimde, 4.83 km./saat Hızda Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	1	2.61	0.58	1.72	> 0.05
% 10 Eğimde, 6.44 km./Saat Hızda Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	0.25	2.55	0.57	0.44	> 0.05
% 20 Eğimde, 8.05 km./Saat Hızda Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	1.25	3.93	0.88	1.42	> 0.05
Toparlanmada Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	0.25	3.02	0.68	0.37	> 0.05

Pes Planuslu olguların başlangıç ve efor oksijen tüketimleri de karşılaştırılmıştır (Tablo VII).

1. Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki başlangıç oksijen tüketimleri arasındaki farkın ortalaması 2.75 ± 1.43 'dür ($p > 0.05$)

Başlangıç Oksijen Tüketimi Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	2.75	6.38	1.43	1.92	> 0.05

2. Olgular düz eğimde, 4.83 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki efor oksijen tüketimi değerleri arasındaki farkın ortalaması 60 ± 6.89 'dur ($p < 0.01$).

Düz Eğimde, 4.83 km./Saat Hızda Oksijen Tüketimi Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	60	30.78	6.89	8.71	< 0.01

3. Olgular % 10 eğimde, 6.44 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki efor oksijen tüketimi değerleri arasındaki farkın ortalaması da 92.5 ± 20.29 'dur ($p < 0.01$).

% 10 Eğimde, 6.44 km./Saat Hızda Oksijen Tüketimi

Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	92.5	90.69	20.29	4.55	<0.01

4. Olgular % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki oksijen tüketimi değerleri arasındaki farkın ortalaması 124.5 ± 13.25 'dir ($p < 0.01$).

% 20 Eğimde, 8.05 km./Saat Hızda Oksijen Tüketimi

Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	124.5	59.25	13.25	9.4	<0.01

20 pes planuslu olgunun MET değerleri de karşılaştırılmıştır (Tablo VIII).

1. Olgular düz eğimde, 4.83 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki MET değerleri arasındaki farkın ortalaması 0.226 ± 0.04 ,

2. % 10 eğimde, 6.44 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki MET değerleri arasındaki farkın ortalaması 0.351 ± 0.047 ,

3. % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızla yürütüldüklerinde, olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki MET değerleri arasındaki farkın ortalaması ise 0.455 ± 0.085 bulunmuştur ($p < 0.01$).

MET Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli Düz Eğimde, 4.83 km./Saat Hızda	20	0.226	0.18	0.04	5.65	< 0.01
% 10 Eğimde, 6.44 km./Saat Hızda	20	0.351	0.21	0.047	7.47	< 0.01
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli						
% 20 Eğimde, 8.05 km./Saat Hızda	20	0.455	0.38	0.085	5.35	< 0.01
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli						

Olgular ml./kg./dak. olarak hesaplanan efor oksijen tüketimi yönünden de karşılaştırılmıştır (Tablo IX).

1. Olgular düz eğimde, 4.83 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumları arasındaki ml./kg./dak. olarak hesaplanan efor oksijen tüketimi değerleri arasındaki farkın ortalaması 1.14 ± 0.087 'dir. ($p < 0.01$).

Düz Eğimde, 4.83 km./ Saat Hızda Efor Oksijen
Tüketimi Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	1.14	0.39	0.087	13.1	< 0.01

2. Olgular % 10 eğimde, 6.44 km./saat hızla yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki ml./kg./dak. olarak hesaplanan efor oksijen tüketimi arasındaki farkın ortalaması 1.76 ± 0.17 'dir ($p < 0.01$).

% 10 Eğimde, 6.44 km./saat Hızda Efor Oksijen Tüketimi Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	1.76	0.75	0.17	10.35	< 0.01

3. Olgular % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızda yürütüldüklerinde, ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarındaki ml./kg./dak. olarak hesaplanan efor oksijen tüketimi değerleri arasındaki farkın ortalaması ise 2.51 ± 0.31 'dir ($p < 0.01$).

% 20 Eğimde, 8.05 km./ saat Hızda Efor Oksijen Tüketimi Değerleri Farkı

	n	$\bar{D}$	S_D	$S_{\bar{D}}$	t	p
Ark Takviyesiz-Ark Takviyeli	20	2.51	1.4	0.31	8.09	< 0.01

T A R T I Ş M A

Her fiziksel aktivite enerji harcamasının hızını arttırmakta, vücudun pozisyonuna, ayakta durma, yürüme, yokuş çıkma, koşma gibi aktivitelere göre değişiklik göstermektedir. Aktiviteler gruplara ayrıldığında yürüme 5 kal./dak. enerji harcaması gerektirdiği için hafif aktivite, yokuş çıkma, merdiven çıkma gibi aktiviteler 7.5 kal./dak. enerji harcaması gerektirdiği için orta derecede aktivite, alt ekstremiteler ve gövde kaslarının çalışmasını gerektiren koşma gibi aktiviteler de ağır aktiviteler olarak kabul edilmektedir (36).

Statik ve dinamik alt ekstremitte egzersizlerinde enerji harcaması ve kalp hızı değerleri, dinamik egzersizlerde, statik egzersizlerden daha fazla artmaktadır (28).

Von-Döbeln (1967), yaşları 30 ile 59 arasında olan 84 sağlıklı kişide maksimum efor kalp hızı değerlerini, yaşları sınıflandırarak aşağıdaki şekilde saptamıştır;

1. 30-39 yaşları arasında 178 ± 9 /dak.,
2. 40-49 yaşları arasında 171 ± 10 /dak.,
3. 50-59 yaşları arasında 163 ± 9 /dak. (97).

Yaş ortalamaları 25.8 ± 1.31 olan, sağlıklı pes planuslu olgularımızda ise % 20 eğimde, 8.05 km./saat hızda yürütüldüklerinde ark takviyesiz durumlarında kalp hızı ortalamala-

rı 186 $\pm$ 2.29/dak., ark takviyeli durumlarında ise 171.6 $\pm$ 2.97/dak. bulunmuş olup, sonuçlar Von Döbel'in verdiği değerlerin paralelindedir.

Deutsch (1980), sağlıklı fakat eğitimsiz 9 erkeğe bisiklet ergometresi ve koşubandında yürüme testlerine almış, yaş ortalamaları 22 olan bu kişilerde başlangıç sistolik kan basıncı değerlerini ortalama 156 $\pm$ 10 mm./Hg. olarak bulmuştur (29). Yaş ortalaması 25.8 $\pm$ 1.31 olan kadın olgularımızda, başlangıç sistolik kan basıncı değerleri ark takviyesiz durumlarında 113.5 $\pm$ 1.31 mm./Hg., ark takviyeli durumlarında ise 111.75 $\pm$ 1.37 mm./Hg. bulunmuştur. Deutsch'in değerleri, bulduğumuz değerlerden yüksek görünmektedir.

Blessey ise (1976), yaş ile diyastolik kan basıncı değerlerinin değişmeyeceğini belirtmektedir (18).

Maksimum oksijen kullanımına göre yapılan iş ya da aktivitenin derecesinin belirlenmesi için bir sınıflama yapılmıştır (65).

<u>İşin Şiddet Derecesi</u>	<u>Oksijen Tüketimi (lt./dak.)</u>
Hafif	1.0'den az
Orta-Ağır	1-2
Çok Ağır	2'den fazla

Buskirk (1957), maksimum oksijen tüketiminin sağlıklı kişilerde koşubandında % 10 eğimde ve 5-6 km./saat hızla yürüme sırasında 50.02 ml./kg./dak. olduğunu açıklamıştır (23).

Sağlıklı pes planuslu olgularımız aynı eğim ve hızda yürüttüklerinde ml./kg./dak. olarak efor oksijen tüketimleri ark takviyesiz durumlarında ortalama 21.07 ± 0.53 ml./kg./dak., ark takviyeli durumlarında ise 19.3 ± 0.49 ml./kg./dak. bulunmuş olup, Buskirk'in değeri bizim değerlerimizden yüksektir.

Kasch ise (1966), yaşları 7 ile 57 arasında değişen 12 kişide koşubandı testinde maksimum oksijen tüketimi değerinin ortalama 48.25 ± 4.5 olduğunu belirtmiştir (52). Pandolf'da (1975), yaşları 33 ile 45 arasında olan sağlıklı 8 kişide maksimum oksijen tüketimini 34.69 ± 2.25 m./kg./dak. olarak bulmuştur (71). Yaşları 18 ile 38 arasında değişen olgularımızı % 20 eğimde 8.05 km./saat hızda yürüttüğümüzde ml./kg./dak. olarak efor oksijen tüketimleri ark takviyesiz durumda ortalama 30.79 ± 0.9 , ark takviyeli durumda ise 28.28 ± 0.81 bulunmuş olup, sonuç Pandolf'un araştırmasının paralelindedir.

Blessey (1976), yaşları 20-59 arasında olan 20 kadın, 20 erkek olguda serbest yürüyüş sırasındaki enerji tüketimini araştırmış, yürüme hızını kadınlarda ortalama 74 m./dak., erkeklerde ise 89 m./dak. olarak bulmuştur. Yürüme hızındaki farka ilaveten, her iki cinste oksijen tüketimi ve kalp hızı değerlerinde de farklılık gözlenmiştir (18). Buna benzer bir çalışma da 1970 yılında Finley tarafından 572 kadın, 534 erkek üzerinde yapılmış olup, kadınlarda ortalama yürüme hızı 74 m./dak., erkeklerde ise 82 m./dak. olarak bulunmuştur (33).

Blessey ve Finley tarafından yapılan bu araştırmalar, yapılan değerlendirmelerde cinsiyet farkının anlamlı olabileceğini göstermektedir. Araştırmamıza aldığımız sağlıklı pes planuslu olguların hepsi de kadındır.

Von-Döbeln'in 1967 yılında, eğitimsiz sağlıklı erkek ve kadınlarda aynı yaş grupları üzerinde yaptığı, oksijen tüketimlerini inceleyen araştırmasında ise cinsler arasında fark olmadığı gösterilmiştir (97).

Yürümede, maksimum oksijen tüketiminin genellikle yürüme hızına bağlı olduğunu kanıtlayan çalışmalar vardır (18,19, 25,89).

Yapılan araştırmalarda sakat kişilerin enerji harcaması daha az incelenmiş olup, bu kişilerde çoğunlukla hareket için yardımcı cihazların kullanımı sırasındaki enerji harcaması düşünölmüştür (96).

Bard (1959), Pugh (1973), McBeath (1974), Fisher (1981) ve Hinton (1982), değişik tipte baston ve koltuk değneği kullanan hastalarda yaptıkları araştırmalarda, kullanılan yardımcı cihazların tipine ve yürümesinin şekline göre normal kişilere oranla oksijen tüketiminin artmış olduğunu bulmuşlardır (11,35,49,62,72).

Yürüme sırasında harcanan enerji, potansiyel ve kinetik enerjinin toplamıdır. Alt ekstremitenin farklı kısımla-

rında enerji düzeyleri de farklıdır. Düzgün yürüyüş için gerekli olan enerji daha çok kalça ve ayak bileği etrafındaki kaslar tarafından açığa çıkartılırken, diz eklemi tarafından bu enerji abzorbe edilmektedir. Yürüme sırasında dizin fleksiyona gitmesi, vücudun vertikal düzlemdeki hareketlerini azaltacağı için daha az enerji harcamasına neden olduğu gibi, sallanma fazının deselerasyon devresinde abzorbe ettiği enerjinin bir kısmını akselerasyon devresinde kullanır. Kişi düz yolda yürürken harcadığı enerji miktarına oranla yokuş yukarı çıkarken daha fazla, yokuş aşağı inerken daha az enerji harcamaktadır (82). Kişilerin yokuş çıkarken daha fazla enerji harcamaları nedeniyle, pes planuslu olgularımızı ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında çeşitli eğim ve hızlarda yürüterek enerji harcamasının göstergesi olan oksijen tüketimlerini karşılaştırdığımızda, ark takviyeli durumlarında daha az oksijen tükettikleri bulunmuştur ($p < 0.01$).

Viecosteinas ve arkadaşları 1979 yılında, yaşları 10 ile 65 arasında değişen ve hareket için yardımcı cihaz gerektirmeyen küçük çapta ayak rahatsızlığı olan 9 kadın, II erkek hasta üzerinde yürüyüş sırasındaki enerji harcamasını araştırmışlardır. Hastalar lezyonlara göre 3 gruba ayrılmıştır. Grup A:(6 hasta) Geçmiş yıllarda geçirdikleri travmaya bağlı olarak ayacağının arka kısmında lezyonlara, Grup B:(7 hasta) Talokalkaneal eklemin sertliği ile birlikte olan ayagın orta kısmındaki lezyonlara, Grup C:(7

hasta) Ayağın ön kısmında lezyonlara sahiptirler. Olgular düz yerde ve % 5 eğimde farklı hızlarda yürütülmüşler, 6 ve 8'inci dakikalarda oksijen tüketimleri ölçülerek her kişi için enerji tüketimi ml./kg./dak. olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, 6 normal kişinin yürümeleri sırasında elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında, sadece talokalkaneal eklemler değişikliğine bağlı deformitesi olan hastalarda (Grup B) düz yerde yürümede ortalama % 5-20 arasında, yokuş çıkarken ise % 10-20 arasında oksijen tüketiminde artma görülmüştür (96). Araştırmamızda olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında oksijen tüketimleri karşılaştırıldığında, ark takviyeli durumlarında oksijen tüketiminin azaldığı ve bu azalmanın anlamlı ($p < 0.01$) olduğu bulunmuştur.

Dengeli bir hızda, düz yerde yürüme sırasında adım atmanın başlangıcında yapılan mekanik iş, vücudun yerçekimi merkezini yükseltmek için kullanılan potansiyel enerji, kinetik enerjiye dönüştürülür. Ayak yere temas ettiği zaman kinetik enerjinin bir kısmı tekrar vücudun yerçekimi merkezinin kaldırılmasında kullanılır. Potansiyel enerjinin devamlı kinetik enerjiye çevrilmesi işlemi ya da bunun tersi, faz dışı iki eğri olarak gösterilebilir. Eğer eğriler 180 derecelik faz dışı olurlarsa ve simetrikseler, sabit hızda düz yerde kişilerin yürümeye devam etmeleri için enerjiye gereksinimleri olmayacaktır. Yalnız sürtünme güçleri, hızlanma ve bazı eklemlerde yavaşlamayı engellemek için enerjiye gereksinim olacaktır. Kişi yokuş yukarı yürüdüğü za-

man vücudun yerçekimi merkezinin daha az düşürülmesi gerekir (negatif iş). Bu nedenle kinetik enerjinin yeniden daha az kullanımı ve daha fazla metabolik harcama meydana gelmektedir.

Potansiyel enerjinin, kinetik enerjiye dönüşümünün tersi olan işlem de, pozitif enerji harcamada artışa giden hastalarda eklemlerin bozulması, adım süresinde yapının negatif işdeki azalma, yürümenin total enerji harcamasına da yansiyacaktır. Bu daha fazla enerji harcaması da enerji tüketiminde artma anlamına gelecektir (96).

Viecosteinas (1979), yaptığı araştırmada talokalkaneal ekleminde deformitesi olan kişilerde, normal kişilere göre yürüme anında daha fazla oksijen tüketimi olduğunu açıklamıştır.

Pes planuslu olgularda da talokalkaneal ekleminde ve mediyal longitudinal arkı meydana getiren kemiklerin ilişkilerindeki bozulma nedeniyle, yürüme sırasında vücut dengesini korumak ve eklemlerin immobilizasyonu için kas gruplarının izometrik kontraksiyonları gerekmektedir. Kas gruplarının izometrik kontraksiyonları da yürüme sırasında harcanan enerjinin artmasında önemli rol oynar.

Uzun senelerdir pes planusun tedavisi için ark takviyeleri kullanılmaktadır. Yaptığımız gözlemlerde, çabuk yorulmaktan şikayet eden pes planuslu olgular ark takviye-

si kullandıktan sonra bu şikayetlerinin azaldığını belirtmişlerdir. Olgularda bu yorgunluğun subjektif olup olmadığını ve ark takviyesi kullandıktan sonra gerçekten yorgunluğun azalıp azalmadığını saptamak için, ayrıca yapılan kaynak taramasında pes planuslu olguların tedavi edilmeden önce ve ark takviyesi kullandıkları sırada enerji harcamasının göstergesi olan oksijen tüketimlerinde bir fark olup olmadığı hakkında veri ile karşılaşılmamış olması, bizi bu konuda bir araştırmaya yöneltmiştir.

Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç, efor ve toparlanma kalp hızları, sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri, başlangıç ve efor oksijen tüketimi değerleri, MET değerleri ve efor Oksijen tüketimi (ml./kg./dak. olarak) değerleri karşılaştırılmıştır. Uygulanan istatistiksel değerlendirmede olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç kalp hızları, kan basınçları ve oksijen tüketimleri arasında anlamlı bir fark olmamasına karşın ($p > 0.05$), efor kalp hızları, sistolik kan basınçları, oksijen tüketimleri, MET değerleri ve efor oksijen tüketimi (ml./kg./dak.) değerlerindeki azalma anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

S O N U Ç

20 pes planuslu kadın olgu, ark takviyesi kullanmadan ve ark takviyesi kullandıktan sonra koşubandı efor testi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler karşılaştırılarak ark takviyesinin oksijen tüketimine etkisi olup olmadığı araştırılmıştır.

1. Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç kalp hızları, sistolik ve diyastolik kan basınçları ile başlangıç oksijen tüketimleri arasındaki fark anlamlı ($p > 0.05$) bulunmamıştır. Bu durum, olguların her iki teste eşit koşullarda başladığını gösteren önemli bir sonuçtur.

2. Olgular düz eğimde 4.83 km./saat hızla, % 10 eğimde 6.44 km./saat hızla, % 20 eğimde 8.05 km./saat hızla yürütüldüklerinde ise ark takviyeli durumlarındaki efor kalp hızı, sistolik kan basıncı değerleri ile toparlanma kalp hızı değerlerinde ark takviyesiz durumlarına göre azalma görülmüş, istatistiksel değerlendirmede bu fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

3. Efor düzeyinde, pes planuslu olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında diyastolik kan basıncı değerleri arasındaki fark anlamsız bulunmuştur ($p > 0.05$).

Egzersiz sırasında diyastolik kan basıncı değişikliklerinin az olduğu bilinmektedir. Bu nedenle efor sıra-

sında olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında diyastolik kan basıncı değişimlerinin benzer olması uygun sonuçtur.

4. Pes planuslu olgular ark takviyesi kullandıktan sonra ağrıların azaldığını ve daha geç yorulduklarını belirtmişlerdir.

5. Egzersizle, kalp hızında artış olması doğaldır. Ancak, kalp hızı ile oksijen tüketimi arasında yakın bir ilişki olduğu için kalp hızı arttıkça oksijen tüketimi de artacaktır. Olguların ark takviyesiz durumları ile ark takviyeli durumlarında efor düzeyinde tükettikleri oksijen miktarları arasındaki fark da anlamlı ($p < 0.01$) bulunmuştur. Bu durum da, ark takviyesinin pes planusda yararlı olduğunu, yorgunluk ve ağrı şikayetlerinin subjektif olmadığını göstermektedir.

6. Efor düzeyinde MET değerleri ve efor oksijen tüketimi (ml./kg./dak.) değerleri de, olgular ark takviyesiz ve ark takviyeli olarak düz eğimde 4.83 km./saat hızla, % 10 eğimde 6.44 km./saat hızla ve %20 eğimde 8.05 km./saat hızla yürütüldüklerindeki değerleri hesaplanarak, istatistiksel değerlendirmede fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0.01$).

Çalışmamızın sonucunda, aldığımız parametreler (ölçüler) pes planuslu olguların çabuk yorulma şikayetlerinin subjektif olmadığını ve enerji harcamasının göstergesi olan oksijen tüketiminin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Buna karşın olguların ark takviyesi kullandıktan sonra ağırlarının azalması, daha uzun sürede yorulmuş olmaları ve oksijen tüketiminin azalması, pes planusda yürüme ve ağırlık dağılımında uygun ark takviyelerinin yardımcı olduğunu kanıtlamaktadır.

Bütün bu sonuçlar göz önüne alınarak, yaşantımız boyunca ağırlığımızı taşımak durumunda kalan ayaklarımızın çocukluk yaşlarından itibaren bakımına önem verilmesi gerekmektedir.

Ö Z E T

Genellikle çabuk yorulmaktan şikayet eden pes planuslu kişilerde yorgunluğun subjektif olup olmadığını anlamak ve çalışma alanımız olan fizik tedavi ve Rehabilitasyon yöntemlerinden ark takviyesinin pes planuslu sağlıklı kişilerin enerji harcamasının göstergesi olan oksijen tüketimlerine etkisini belirlemek amacı ile bir çalışma yapılması düşünülmüştür. Ayrıca, yapılan kaynak taramasında pes planuslu olguların takviye kullanmadan önce ve ark takviyesi kullandıkları sırada oksijen tüketimleri arasında fark olup olmadığı hakkında bir veri ile karşılaşılmamış olması, bizi bu konuda araştırmaya yöneltmiştir. Bu amaçla, Nisan 1983-Ocak 1984 yılları arasında Hacettepe Üniversitesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı'na başvuran, sağlıklı 20 pes planus olgusu araştırmaya alınmıştır.

Olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç, efor ve toparlanma kalp hızları, kan basıncı değerleri, başlangıç ve efor oksijen tüketim değerleri, MET değerleri ve ml./kg./dak. olarak efor oksijen tüketim değerleri karşılaştırılmıştır.

Araştırmanın sonucunda olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında başlangıç kalp hızları, kan basıncıları ve oksijen tüketimleri arasında anlamlı bir fark olmamasına ($p > 0.05$) karşın, efor kalp hızları, sistolik

kan basınçları, toparlanma kalp hızları ve oksijen tüketimleri, MET değerleri ve ml./kg./dak. olarak hesaplanan efor oksijen tüketimlerindeki azalma anlamlı ($p < 0.01$) bulunmuştur. Efor düzeyinde, olguların ark takviyesiz ve ark takviyeli durumlarında diyastolik kan basıncı değerleri arasındaki fark ise anlamsız ($p > 0.05$) bulunmuştur. Çünkü egzersiz sırasında normalde diyastolik kan basıncı değişikliklerinin az olduğu bilinmektedir.

Sonuç olarak, pes planuslu olguların çabuk yorulma şikayetlerinin subjektif olmadığına, enerji harcamasının göstergesi olan oksijen tüketimindeki artmaya bağlı olduğuna, uygun ark takviyelerinin yürümede ve ağırlık dağılımında yardımcı olarak bu kriterleri azalttığı sonucuna varılmıştır.

TABLO I: Pes Planuslu Kişilerin Fiziksel Özellikleri ve Pes Planusun Dereceleri

Hasta No	Adı Soyadı	Protokol No	Yaş (Yıl)	Boy (m.-cm.)	Kilo (Kg.)	Vücut Yüze-yi (m ²)	Talokalkaneal Açı Degerleri (Derece)		Talusun Plantar Fleksiyon Açı Degerleri (Derece)		Feiss Hattına Göre Pes Planus Derecesi	
							Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1	K.Ü.	1338685	25	1.69	54	1.60	47°	40°	39°	30°	2	1
2	F.i.	127081	31	1.58	53	1.52	40°	45°	35,5°	37,5°	1	2
3	T.Ş.	296868	32	1.59	48	1.45	54°	49°	49°	39°	2	2
4	S.T.	285648	30	1.63	62	1.65	48°	46,5°	37,5°	37°	2	1
5	A.B.	1274806	30	1.59	58	1.58	54°	47°	37°	36°	2	1
6	M.B.	1554313	21	1.57	49	1.46	48°	38,5°	39°	43,5°	1	2
7	M.i.P.	910755	24	1.56	56	1.54	59°	55°	55°	44°	2	2
8	M.Ş.	1301652	25	1.58	56	1.55	41,5°	49°	37°	40°	1	1
9	H.T.	1320709	32	1.66	63	1.69	54°	53,5°	44°	41°	2	2
10	F.T.	1537491	38	1.58	53	1.52	50°	54°	36°	37°	2	2
11	G.Ü.	1554296	24	1.60	58	1.58	49°	58°	40°	42,5°	2	2
12	A.B.	1489747	25	1.63	56	1.59	52,5°	53°	52,5°	41°	2	2
13	Z.D.	1551051	20	1.67	58	1.64	45°	38,5°	36,5°	30°	2	1
14	D.U.	645422	25	1.56	43	1.37	45,5°	48°	35°	38°	2	2
15	Ş.K.	1554287	18	1.59	45	1.42	58°	58°	45°	43°	2	2
16	Ş.A.	1553481	20	1.55	53	1.50	51°	54,5°	43°	44°	2	2
17	I.T.	147133	21	1.56	50	1.46	53,5°	57°	50°	52°	2	2
18	N.A.	288133	20	1.58	48	1.45	45°	44°	37°	36°	2	1
19	F.U.	1550480	19	1.60	50	1.50	47°	51°	40°	43°	1	2
20	A.S.	1535391	36	1.60	52	1.52	49°	52°	40°	44°	2	2

TABLO II: Pes Planuslu Kişilere Yapılan Postür Analizi Bulguları

Adı Soyadı	Ön-Arka Denge	Lateral Denge	Ayaklar	Bacaklar ve Dizler	Pelvis	Omurga	Omuzlar	Baş	Yürüme
K.Ö.	-	-	Halluks Valgus, Topuklar Valgusda.	Genu Val- gum.	-	-	Yuvar- lak omuz.	Öne Çı- kık.	Normal.
F.İ.	Ön denge.	-	Topuklar Valgusda.	Dizler Hafif Flek- siyon- da.	Ante- riyor Tilt.	Lordoz.	Yuvar- lak omuz.	-	Topuk vu- ruş fazı yok.
T.Ş.	-	-	Topuklar Valgusda.	Genu Varum.	-	-	Yuvar- lak omuz.	Öne Çı- kık.	Normal.
S.T.	-	-	Topuklar Valgusda.	-	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	-	-	Normal
A.B.	Ön denge.	-	Çekiç par- mak, Trans- vers ark düşüklüğü, Topuklar Valgusda.	-	Ante- riyor Tilt.	Lordoz.	Yuvar- lak omuz.	Öne Çı- kık.	Topuk vu- ruş fazı yok.
M.B.	-	-	Topuklar Valgusda.	Tibial Torsi- yon.	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	-	-	Normal.
M.İ.P.	Ön denge.	-	Topuklar Valgusda.	Tibial Torsi- yon.	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	-	-	Topuk vu- ruş fazı ve parmak- ların kalk- ma fazı yok.
M.A.	-	-	Halluks Valgus, Topuklar Valgusda.	-	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	-	-	Normal,
H.İ.	Ön denge.	-	Topuklar Valgusda.	Genu Varum, Tibial Torsi- yon.	-	-	-	-	Topuk vu- ruş fazı ve parmakların yerden kalk- ma fazı yok.
F.Y.	-	-	Topuklar Valgusda.	Tibial Torsi- yon.	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	-	-	Parmakların yerden kalk- ma fazı yok.

TABLO II'nin Devamı.

Adı Soyadı	Ön- Arka Denge	Lateral Denge	Ayaklar	Bacaklar ve Dizler	Pelvis	Omurga	Omuzlar	Baş	Yürüme
Ç.Ö.	-	-	Topuk- lar val- gusda, Halluks Valgus.	-	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	-	-	Normal.
A.E.	-	-	Trans- vers ark düşük, Topuk- lar val- gusda, Ayaklar ekster- nal ro- tasyond.	Tibi- al Tor- si- yon.	-	-	-	-	Normal.
Z.D.	-	-	Halluks Valgus, Topuklar Valgusda, Transvers Ark düş.	Genü Varum, Tibial Torsi- yon.	-	-	-	-	Normal.
D.V.	-	-	Topuklar Valgusda, Transvers Ark düşkl.	Genü Varum.	-	-	-	-	Parmakla- rın yer- den kalk- ma fazı yok.
Ş.K.	Ön denge.	-	Ayaklar pronasy, da Topuklar valgusda.	Tibial Torsi- yon.	Ante- rior Tilt.	Lordoz.	Yuvar- lak o- muz.	-	Topuk vu- ruş fazı yok.
Ş.A.	-	-	Topuklar Valgusda.	Tibial Torsi- yon, Ge- nu Rekv.	Anteri- yor Tilt.	Lordoz.	Yuvar- lak o- muz.	Öne çı- kık.	Normal.
I.T.	Ön Denge.	-	Topuklar Valgusda.	Tibial Torsy.	Anter. Tilt.	Lordoz.	-	-	Normal.
N.A.	-	-	Topuklar Valgusda.	Tibial Torsy.	-	-	Yuvarlak Omuz.	Öne Çıkık.	Normal.
F.U.	-	-	Topuklar Valgusda, Ayakta Pronasy.	Genü Varum, Tibial Torsy.	-	-	Yuvarlak Omuz.	Öne Çıkık.	Normal.
A.S.	-	-	Halluks Valgus, Topuklar Valgusda.	-	-	-	Yuvarlak Omuz	-	Normal.

TABLO III' ün Devamı

Adı Soyadı	KAS TESTİ								KISALIK TESTİ	
	M.Tibialis Posteriyor		M.Fleksör Hallusis Lon- gus ve Brevis		M.Fleksör Digitorum Longus ve Brevis		Lumbrikal Kaslar		M.Triceps Suresi	M.Peroneus Longus ve Brevis
	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol	Sağ	Sol		
Z.D.	Ö: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	Ö: Normal	Normal
	S: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	S: Normal	Normal
D.U.	Ö: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	Ö: Normal	Normal
	S: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	S: Normal	Normal
Ş.K.	Ö: 3 ⁺	4	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	Ö: Normal	Hafif Kısa
	S: 3 ⁺	4	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	4 ⁺	S: Normal	Hafif Kısa
Ş.A.	Ö: 5	5	4 ⁺	5	4 ⁺	5	4 ⁺	5	Ö: Hafif Kısa	Normal
	S: 5	5	4 ⁺	5	4 ⁺	5	4 ⁺	5	S: Normal	Normal
I.T.	Ö: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	Ö: Normal	Normal
	S: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	S: Normal	Normal
N.A.	Ö: 5 ⁻	5 ⁻	4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	Ö: Normal	Normal
	S: 5 ⁻	5 ⁻	4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	S: Normal	Normal
F.U.	Ö: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	Ö: Hafif Kısa	Normal
	S: 4 ⁺	4 ⁺	5	5	5	5	5	5	S: Normal	Normal
A.S.	Ö: 5	5	5	5	5	5	5	5	Ö: Normal	Normal
	S: 5	5	5	5	5	5	5	5	S: Normal	Normal

Ö: Ark Takviyesi Kullanmadan Önce.

S: 15 Gün Ark Takviyesi Kullandıktan Sonraki Değerler.

TABLO IV: Pas Planuslu Kişilerin Kalp Hızı Değerleri (Atım/Dak).

Adı Soyadı	ARK TAKVİYESİZ					ARK TAKVİYELİ				
	Başlangıç	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda	Toparlama Anında 5.Dak.	Başlangıç	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda	Toparlama Anında 5.Dak.
K.Ü.	88	125	136	167	125	88	116	136	150	125
F.İ.	100	125	150	188	136	100	116	136	167	125
T.Ş.	107	136	150	188	125	100	125	136	167	125
S.T.	83	100	136	188	136	83	100	125	167	125
A.B.	79	116	167	188	136	79	107	150	188	136
M.B.	100	125	136	188	136	100	116	136	188	136
M.İ.P.	94	136	167	188	125	92	125	150	188	116
M.A.	94	107	136	167	125	92	100	125	167	125
H.İ.	88	125	136	188	136	88	116	136	167	125
F.Y.	83	116	136	188	136	88	116	125	167	136
Ç.Ü.	88	107	125	167	116	83	100	116	150	107
A.E.	94	116	136	188	116	94	116	136	167	116
Z.D.	94	116	136	188	125	94	116	136	167	125
D.U.	88	107	125	188	116	88	107	136	167	116
Ş.K.	94	107	136	188	125	94	107	125	167	125
Ş.A.	92	116	150	215	125	88	107	125	188	116
I.T.	94	136	167	188	125	92	125	150	167	116
N.A.	92	116	150	188	136	92	116	150	188	136
F.U.	94	107	136	188	125	92	107	125	167	116
A.S.	79	116	150	188	136	83	116	136	188	136
(Aritme- tik Or- talama)	91.25	117.75	143.05	186.2	128.05	89.35	112.7	134.5	171.6	124.15
(Stan- dard Ha- ta)	1.56	2.36	2.86	2.29	1.64	1.27	1.78	2.21	2.97	1.52

TABLO V: Pea Planuslu Kişilerin Sistolik Kan Basıncı Değerleri (mm./Hg.)

Adı Soyadı	ARK TAKVİYESİZ					ARK TAKVİYELİ				
	Başlangıç	Düz Egim 4.83 km/saat Hızda	%10 Egim 6.44 km/saat Hızda	%20 Egim 8.05 km/saat Hızda	Toparlanma Anında 5.Dak.	Başlangıç	Düz Egim 4.83 km/saat Hızda	%10 Egim 6.44 km/saat Hızda	%20 Egim 8.05 km/saat Hızda	Toparlanma Anında 5.Dak.
K.Ö.	110	120	130	140	120	110	115	125	135	115
F.i.	110	115	125	140	115	110	110	120	130	115
T.Ş.	110	120	140	150	130	110	115	130	140	125
S.T.	115	115	125	140	130	110	115	120	130	120
A.B.	120	130	140	150	135	115	125	130	140	130
M.B.	110	115	125	135	120	115	115	120	120	115
M.i.P.	120	125	135	145	130	110	115	125	135	120
M.A.	110	115	120	130	115	110	115	120	130	115
H.I.	120	125	135	140	130	115	120	130	140	125
F.Y.	110	115	125	140	125	115	120	125	135	125
Ç.Ö.	110	115	130	140	125	110	115	125	135	125
A.E.	120	125	115	120	115	120	125	120	115	120
Z.D.	115	120	130	140	125	110	115	125	135	120
D.U.	100	110	120	130	115	100	110	115	120	110
Ş.K.	110	115	125	140	125	105	110	120	130	120
Ş.A.	125	130	140	150	130	125	130	140	145	125
I.T.	110	115	125	135	120	100	110	120	130	115
N.A.	115	115	125	130	120	115	115	120	125	115
F.U.	110	110	120	130	115	110	110	120	130	115
A.S.	120	125	135	145	130	120	125	130	135	125
(Arit. Ortal.)	113.5	118.75	128.25	138.5	123.5	111.75	116.5	124	131.75	119.75
(Stand. Hata).	1.31	0.80	1.63	1.74	1.45	1.37	1.31	1.29	1.67	1.17

TABLO VI: Pes Planuslu Kişilerin Diyastolik Kan Basıncı Değerleri (mm./Hg.)

Adı Soyadı	ARK TAKVİYESİZ					ARK TAKVİYELİ				
	Başlangıç	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda	Toparlama Anında 5.Dak.	Başlangıç	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda	Toparlama Anında 5.Dak.
K.Ö.	80	80	85	85	80	80	80	85	85	80
F.İ.	85	85	80	70	80	80	80	80	75	80
T.Ş.	85	85	90	95	90	85	85	90	90	85
S.T.	85	85	85	90	85	80	80	85	85	80
A.B.	90	95	100	105	95	90	90	95	100	95
M.B.	80	80	85	85	80	80	80	80	85	80
M.İ.P	90	95	95	105	95	90	95	95	100	95
M.A.	80	80	75	75	80	80	75	70	75	80
H.İ.	85	85	80	75	85	85	85	80	80	85
F.Y.	80	80	75	70	80	80	80	75	70	80
Ç.Ö.	80	80	85	90	80	75	80	85	90	80
A.E.	80	85	75	85	80	80	85	80	85	80
Z.D.	80	85	85	90	85	80	80	85	85	80
D.U.	75	80	80	85	75	75	80	80	85	75
Ş.K.	80	80	85	90	85	80	80	85	90	85
Ş.A.	90	90	95	105	90	90	90	95	95	90
I.T.	75	75	80	80	75	80	80	85	85	80
N.A.	80	80	80	85	75	80	80	80	85	80
F.U.	75	75	80	85	75	75	75	80	85	80
A.S.	85	85	90	95	85	85	85	90	90	80
(Arit. Ortl.)	82	83.25	84.25	87.25	82.75	81.5	82.25	84	86	82.5
(Stand. Hata).	1.05	1.22	1.55	2.34	1.38	1.03	1.11	1.48	1.69	1.18

TABLO VII: Pes Planuslu Kişilerin Oksijen Tüketim Değerleri(ml./dak.)

Adı Soyadı	ARK TAKVİYESİZ				ARK TAKVİYELİ			
	Başlangıç	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda	Başlangıç	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda
K.Ö.	300	1000	1200	1400	295	980	1100	1250
F.İ.	260	660	1110	1350	250	640	1010	1250
T.Ş.	200	690	980	1610	205	570	830	1400
S.T.	225	760	1300	1860	220	700	1200	1700
A.B.	285	950	1010	1550	285	900	1000	1510
M.B.	210	510	990	1550	215	490	890	1350
M.İ.P.	230	690	1150	1400	225	610	1000	1300
M.A.	200	810	1200	1690	200	700	1100	1560
H.İ.	225	760	1010	1500	220	680	930	1410
F.Y.	235	680	1210	1750	240	620	1150	1600
Ç.Ö.	220	630	1150	1650	220	580	1050	1500
A.E.	235	750	1100	1800	240	680	1000	1700
Z.D.	270	780	1210	1750	265	690	1100	1510
D.U.	295	650	1110	1600	290	550	1000	1400
Ş.K.	215	650	900	1550	210	580	820	1490
Ş.A.	280	900	1300	1840	290	880	1250	1700
I.T.	210	750	1200	1750	200	700	1050	1690
N.A.	275	700	1000	1600	260	680	980	1580
F.U.	225	750	1200	1650	220	700	1100	1550
A.S.	230	680	980	1510	220	620	900	1420
(Arit. Ortl.)	241.25	737.5	1115.5	1618.5	238.5	677.5	1023	1493.5
(Stand. Hata).	7.73	25.46	25.75	31.43	7.13	27.1	25.57	32.46

TABLO VIII: Pes Planuslu Kişilerin MET Değerleri

Adı Soyadı	ARK TAKVİYESİZ			ARK TAKVİYELİ		
	Büz Eğitim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğitim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğitim 8.05 km/saat Hızda	Büz Eğitim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğitim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğitim 8.05 km/saat Hızda
K.Ö	3.33	4	4.66	3.32	3.73	4.24
F.İ	2.54	4.27	5.19	2.56	4.04	5
T.Ş.	3.45	4.9	8.05	2.78	4.05	6.83
S.T.	3.38	5.78	8.27	3.18	5.45	7.73
A.B.	3.33	3.54	5.44	3.16	3.51	5.3
M.B.	2.43	4.71	7.38	2.28	4.14	6.28
M.İ.P	3	5	6.09	2.71	4.44	5.77
M.A.	4.05	6	8.45	3.5	5.5	7.8
H.İ.	3.38	4.49	6.67	3.09	4.23	6.41
F.Y.	2.89	5.15	7.45	2.58	4.79	6.67
Ç.Ö.	2.86	5.23	7.5	2.64	4.77	6.82
A.F.	3.19	4.68	7.66	2.83	4.17	7.08
Z.D.	2.89	4.48	6.48	2.6	4.15	5.7
D.U.	2.2	3.76	5.42	1.9	3.45	4.83
Ş.K.	3.02	4.19	7.21	2.76	3.9	7.09
Ş.A.	3.21	4.64	6.57	3.03	4.31	5.86
I.T.	3.57	5.71	8.33	3.5	5.25	8.45
N.A.	2.55	3.64	5.82	2.62	3.77	6.08
F.U.	3.33	5.33	7.33	3.18	5	7.05
A.S.	2.96	4.26	6.57	2.82	4.09	6.45
(Arit. Ortl.)	3.08	4.69	6.82	2.85	4.34	6.37
(Stand. Hata)	0.1	0.7	0.26	0.09	0.14	0.24

TABLO IX: Pes Planuslu Kişilerin Efor Oksijen Tüketim Değerleri
(ml./Kg./Dak.)

Adı Soyadı	ARK TAKVİYESİZ			ARK TAKVİYELİ		
	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda	Düz Eğim 4.83 km/saat Hızda	%10 Eğim 6.44 km/saat Hızda	%20 Eğim 8.05 km/saat Hızda
K.Ö.	18:52	22.22	25.92	18.15	20.37	23.15
F.i.	12.45	20.94	25.47	12.07	19.05	23.58
T.Ş.	14:37	20.42	33.54	11.87	17.29	29.17
S.T.	12.26	20.97	30	11.29	19.35	27.42
A.B.	16.38	17.41	26.72	15.52	17.24	26.03
M.B.	10:41	20.2	31.63	10	18.16	27.55
M.i.P.	12:32	20.53	25	10.89	17.85	23.21
M.A.	14.46	21.43	30.18	12.5	19.64	27.86
H.I.	12:06	16.03	23.81	10.79	14.76	22.38
F.Y.	12:83	22.83	33.02	11.7	21.7	30.19
Ç.Ü.	10.86	19.83	28.45	10	18.1	25.86
A.E.	13:39	19.64	32.14	12.14	17.86	30.36
Z.D.	13:45	20.86	30.17	11.89	18.96	26.03
D.U.	15:12	25.81	37.21	12.79	23.25	32.56
Ş.K.	14:44	20	34.44	12.89	18.22	33.11
Ş.A.	16.98	24.53	37.72	16.6	23.58	32.08
I.T.	15	24	35	14	21	33.8
N.A.	14:58	20.83	33.33	14.17	20.42	32.92
F.U.	15	24	33	14	22	31
A.S.	13:08	18.85	29.04	11.92	17.31	27.31
(Arit. Ortl.)	13:9	21.07	30.79	12.76	19.3	28.28
(Stand. Hata).	0.45	0.53	0.9	0.47	0.49	0.81

K A Y N A K L A R

1. Adams, W.C. ve diğerkleri.: "Long-Term Physiologic Adaptations to Exercise with Special Reference to Performance and Cardiorespiratory Function in Health and Disease," Am.J. Cardiol., Vol:33, ss.765-769, 20 May 1974.
2. Aharoson, Z. ve diğerkleri.: "Normal Foot-Ground Pressure Pattern in Children," Clin.Orthop., (150): 220-223, Jul.-Aug. 1980.
3. Alğun, C.: "Fiziksel Yetersizliğı Olanlarda Enerji Sarfı," Fizyoterapi-Rehabilitasyon, 2(3): 63-65, Haziran 1978.
4. Alğun, C.: "Yürüme, Koşma ve Yüzmede Enerji Tüketimi," Fizyoterapi-Rehabilitasyon, 4(1): 312-314, Haziran 1983.
5. Altekrose, J.M.: "Exercise and Cardiovascular Conditioning," Journ.Occup.Med., 10(6): 296-303, Jun 1968.
6. Altıoklar, K., Beyazova, M.: "Ayak Ağrıları," N.Tuna (Ed.), Romatizmal Hastalıklar, ss.637-673, Ayyıldız Matbaası A.Ş., Ankara, 1982.
7. Astrand, H.P.O., Saltın, B.: "Maximal Oxygen Uptake and Heart Rate in Various Types of Muscular Activity," J.Appl. Physiol., 16: 977-981, 1961.

8. Astrand, P.O. ve diğerleri.: "Cardiac Output During Submaximal and Maximal Work," J.Appl.Physiol., 19: 268-274, 1964.
9. Astrand, P.O., Ekblom, B., Messin, R., Saltin, B., Stenberg, J.: "Intra-Arterial Blood Pressure During Exercise With Different Musche Groups," J.Appl. Physiol., 20:253-256, 1965.
10. Astrand, P.O., Kaare, R.: Textbook of Work Physiology, McGraw-Hill Book Co., Ss. 163,164,167,176,180, 189-198,318-324,334-338,342,347,353,462, 1977.
11. Bard, G., Ralston, H.J.: "Measurement of Energy Expenditure During Ambulation with Special Reference to Evaluation of Assistive Dives," Arch.Phys.Med. Rehabil., (40): 415-420, 1959.
12. Bard, G.: "Energy Expenditure of Hemiplegic Subjects During Walking," Arch.Phys.Med.Rehabil., Ss.368-370, July 1963.
13. Basmajian, J.V., Stecko, G.: "The Role of Muscles in Arch Support of the Foot. An Electromyographic Study," J.Bone Joint Surg., 45-A, No:6, Ss.1184-1190, Sep. 1980.

14. Bevegard, S. ve diğeri.: "Circulatory Studies in Well Trained Athletes at Rest and During Heavy Exercise with Special Reference to Stroke Volume and the Influence of Body Position, "Acta Physiol.Scand., Vol:57, Ss.26, 1963.
15. Bevegard, S. ve diğeri.: "Circulatory Adaptation to Arm and Leg Exercise in Supine and Sitting Position," J.Appl. Physiol., Vol:21, Ss.37-43, 1966.
16. Birger, L.J., Sigmund, B.S., Jan, A.W., Karl, T.O.: "Comparison of Oxygen Uptake and Heart Rate During Exercises on Land and in Water," Physical Therapy, Vol:57, No:3, Ss.273-278, March. 1977.
17. Bleck, E.E., Berzins, U.J.: "Conservative Management of Pes Valgus with Plantar Flexed Talus, Flexible," Clin.Orthop., (122): 85-94, 1977.
18. Blessey, L.R., Hislop, H.J., Waters, R.L., Antonelli, D.: "Metabolic Energy Cost of Unrestrained Walking," Physical Therapy, Vol:56, No:9, Ss.1019-1024, Sep. 1976.
19. Bobbert, A.C.: "Energy Expenditure in Level and Grade Walking," J.Appl. Physiol., 15: 1015- 1021, 1961.
20. Bojsen-Mølleler, F.: "Anatomy of the Forefoot, Normal and Pathologic," Clin.Orthop., (142): 10-17, Jul.-Aug. 1979.

21. Brahms, M.A. "Common Foot Problems," J. Bone Joint Surg., 49-A, Ss.1653-1664, 1967.
22. Bruce, R.A.: "Methods of Exercise Testing. Step-Test, Bicycle, Treadmill, Isometrics," Am.J. Cardiol., Vol:33, Ss.715-726, 20 May 1974.
23. Buskirk, E., Taylor, H.L.: "Maximal Oxygen Intake and Its Relation to Body Composition with Special Reference to Chronic Physical Activity and Obesity," J. Appl. Physiol., 11:72-78, 1957
24. Connolly, J., Regen, E., Hillman, J.W.: "Pigeon-Toes and Flatfeet," Pediat. Clin. North Am., 17:291-307, 1970.
25. Cotes, J.E., Meade, F.: "The Energy Expenditure and Mechanical Energy Demand in Walking," Ergonomics, 3:97-119, 1960.
26. Cowell, H.R.: "Shoes and Shoe Correction," Pediat. Clin. North Am., 24:291-297, 1977.
27. Cracchiolo, A.: "Office Treatment of Adult Foot Problems," Orthop. Clin. North Am., 13(3): 511-524, Jul. 1982
28. Danoff, L.P., Danoff, J.V.: "Energy Cost of Heart Rate Response to Static and Dynamic Leg Exercise," Physical Therapy, Vol:62, No: 6, Ss.813-819, Jun. 1980.

29. Deutsch, T.D., Knowlton, R.G.: "Circulorespiratory Response to Prolonged Treadmill and Bicycle Exercise," Arch.Phys.Med.Rehabil., Vol:61, Ss.298-302, July. 1980.
30. Ekblom, B. ve digerleri.: "Effect of Training on Circulatory Response to Exercise," J.Appl.Physiol., Vol: 24, Ss. 518-526, 1968.
31. Ekblom, B.: "Effect of Physical Training on Oxygen Transport System in Man," Acta.Physiol.Scand. (Suppl.), Ss. 328-338, 1969.
32. Falls, B.H.: Exercise Physiology, Academic Press, Newyork, Ss. 107, 114-115, 299-300, 304-306, 1968.
33. Finley, F.R., Codey, K.A.: "Locomotive Characteristics of Urban Pedestrians," Arch.Phys.Med.Rehabil., 51: 423-426, 1970.
34. Fisher, V.S., Gullickson, G.: "Energy Cost of Ambulation in Health and Disability: A Literature Review," Arc.Phys.Med.Rehabil., Vol: 59, Ss.124-133, March 1978.
35. Fisher, V.S., Patterson, R.P.: "Energy Cost of Ambulation with Crutches," Arch.Phys.Med.Rehabil., Vol: 62, Ss.250-256, June 1981.

36. Ford, B.A.: "The Energy Cost of Work," The Physical Therapy Review, Vol: 40, No:1, Ss.859-862, 1960.
37. Frankel, V.H., Nordin M.: "Biomechanics of the Ankle," Basic Biomechanics of the Skeletal System, Philadelphia, Lea and Febiger Co., Ss.176-190, 1980.
38. Gardner, E., Gray, D.J., O'Rahilly, R.: "The Prenatal Development of the Skeleton and Joint of the Human Foot," J.Bone Joint Surg., 41-A: 847-872, 1959.
39. Giannestras, J.N.: Foot Disorders, Medical and Surgical Management, Lea and Febiger Co., Ss. 16-23, 26-56, 58-85, 108-133, 134-178, 223-235, 351-443, 1973
40. Giannestras, J.N.: "Flexible Valgus. Flatfoot Resulting from Naviculocuneiform and Talonavicular Sag," (In) J.Bateman (Ed), Foot Science, Philadelphia, Saunders Co., Ss. 67-87, 1976.
41. Gilbert, R., Auchincloss, J.H.: "Comparison of Cardiovascular Responses to Steady-and Unsteady-State Exercise," J.Appl.Physiol., Vol: 30(3), Ss.388-398, 1971.
42. Gordon, E.E.: "Energy Cost of Activities in Health and Disease," Arch.Internal.Med., (101): 702-712, April 1958.

43. Granath, A. ve diğeri.: "Circulation in Healthy Old Men, Studied by Right Heart Catheterization at Rest and During Exercise in Supine and Sitting Position," Acta, Med.Scand., Vol: 176, Ss. 444-445, 1964.
44. Hagan, D.R., Strathman, T., Strathman, L., Geftman, L. R.: "Oxygen Uptake and Energy Expenditure During Horizontal Treadmill Running," J.Appl.Physiol., Vol: 49, No:4, Ss.571-575, Octob. 1980.
45. Harrold, A.J.: "The Problem of Congenital Vartikal Talus," Clin.Orthop., 97:133-139, 1973.
46. Hermansen, L., Saltin, B.: "Oxygen Uptake During Maximal Treadmill and Bicycle Exercise," J.Appl.Physiol., Vol: 26, No:1, Ss.31-37, 1969.
47. Herndon, C., Heyman, C.: "Problems in the Recognition and Treatment of Congenital Convex Pes Valgus," J.Bone Joint Surg., 45A: 413-429, 1963.
48. Hicks, J.H.: "The Three Weight-Bearing Mechanisms of the Foot," (In) F.G. Evans (Ed), Biomechanical Studies of the Musculo-Skeletal System, Springfield, Illinois, Charles C.Thomas, Publisher, Ss. 161-191, 1961.

49. Hinton, C.A., Cullen, K.E.: "Energy Expenditure During Ambulation with Ortho Crutches and Axillary Crutches," Physical Therapy, Vol: 62, No:6, Ss.813-819, Jun. 1982.
50. Jayakumar, S., Cowell, R.H.: "Rigit Flatfoot," Clin. Orthop., (122): 77-83, Jan.-Feb. 1977.
51. Karpovich, V.P., Sinning, W.E.: Physiology of Muscular Activity, W.B. Saunders Co., Philadelphia, Ss.90, 124,147,169,198-199, 216-222, 1971.
52. Kasch, W.F., Phillips, N.H., Ross, W.D., Caster, J.E.L., Boyer, J.L.: "A Comparison of Maximal Oxygen Uptake by Treadmill and Step-Test Procedures," J.Appl. Physiol., Vol: 21, Part:2, Ss.1387-1388, 1966.
53. Kite, J.H.: "Exercise in Foot Disabilities," (In) JohnV. Basmajian (Ed), Therapeutic Exercise, Williams and Wilkins Co., Baltimore-London, Ss.485-513, 1978.
54. Knuttgen, H.G., Emerson, K.: "Physiological Response to Pregnancy at Rest and During Exercise," J.Appl. Physiol., 36(5): 549-553, 1974.
55. Lassman, G.: "Morton's Toe," Clin.Orthop., (142): 73-83, Jul.-Aug. 1979.
56. Lelièvre, J.: Pathologie Du Pied, Boulevard, Saint-Germain, Paris, Ss.3-6, 72-85, 139-148, 1971.

57. Mann, R.A., Inman, V.T.: "Phasic Activity of Intrinsic Muscles of the Foot," J.Bone Joint Surg., 46A:469-479, 1964.
58. Mann, R.A., Coughlin, M.J.: "Hallux Rigidus," Clin.Orthop., (142): 57-62, Jul.-Aug. 1979.
59. Mann, R.A., Hagy, J.L.: "The Function of the Toes in Walking, Jogging and Running," Clin.Orthop., (142): 24-29, Jul.-Aug.1979.
60. Margaria, R., Cerretelli, D., Aghemo, R., Sassi, G.: "Energy Cost of Running," J.Appl.Physiol., Vol:18, Ss. 367-370, 1963.
61. McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L.: "Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance," Philadelphia, Lea and Febiger Co., Ss.111-117, 1981.
62. McBeath, A.A., Bahrke, M., Balke, B.: "Efficiency of Assisted Ambulation Determined by Oxygen Consumption Measurement," J.Bone Joint Surg., Vol: 56-A, No:5, Ss.994-999, Jul.1974.
63. Miller, R.G.: "The Operative Treatment of Hypermobile Flatfeet in Young Child," Clin.Orthop., (122): 95-101, Jan.-Feb. 1977.

64. Mitchell, G.P.: "Orthopaedic Problems in Children,"
Practitioner, 222 (1327): 46-54, Jan. 1979.
65. Morehouse, E.L., Miller, A.T.: Egzersiz Fizyolojisi,
Çev. N.Akgün, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova,
Ss. 101-111, 116-122, 123-128, 147-152, 189-196,
198-204, 275, 1973.
66. Morris, M.J.: "Biomechanics of Foot and Ankle," Clin.
Orthop., (122): 10-17, Jan.-Feb. 1977.
67. Murray, P.M., Kory, R.C., Clarkson, B.H., Sepic, S.B.:
"Comparison of Free and Fast Speed Walking Pattern
of Normal Men," Am.J.Phys.Med., Vol: 45, No:1,
Ss.8-24, 1966.
68. Murray, O.R., Jacobson, H.G.: The Radiology of Skeleton
Disorders, Exercise in Diagnosis, Vol:1, Churchill
Livingstone, Edinburgh and London, Ss.108,114,1972.
69. Narman, S. ve diğerleri.: "Ayak Tabanına Dağılan Ağırlık-
ların Yeni ve Basit Bir Yöntemle Tayini," Fizyote-
rapi-Rehabilitasyon, 4(1): 305-310, Haziran 1983.
- 70.----- Orthopaedic Appliances Atlas, Vol:1, Ss.439-479,
1952.
71. Pandolf, B.K., Goldman, R.F.: "Physical Conditioning of
Less Fit Adults by Use of Leg Weight Loading,"
Arch.Phys.Med.Rehabil., 56:255-261, June 1975.

72. Pugh, L.G.C.E.: "The Oxygen Intake and Energy Cost of Walking Before and After Unilateral Hip Replacement with Some Observations on the Use of Crutches," J.Bone Joint Surg., 55-B: 742-745, Nov. 1973.
73. Ralston, H.J.: "Comparison of Energy Expenditure During Treadmill Walking and Floor Walking." J.Appl.Physiol., 15: 1156-1161, 1960.
74. Rash, P.J., Burke, R.K.: Kinesiology and Applied Anatomy, Philadelphia, Lea and Febiger Co., Ss. 373-397, 450-452, 469-480, 1971.
75. Rowel, L.B. ve diğerleri: "Reductions in Cardiac Output, Central Blood Volume and Stroke Volume with Thermal Stress in Normal Men During Exercise," J.Clin.Invest., Vol: 45, Ss. 1814-1824, 1966.
76. Rowel, L.B. ve diğerleri.: "Human Cardiovascular Adjustments to Rapid Changes in Skin Temperature During Exercise," Circ.Res., Vol: 24, Ss. 711-718, 1969.
77. Rowel, L.B.: "Human Cardiovascular Adjustments to Exercise and Thermal Stress," Physiol.Rev., Vol: 54, Ss. 75-79, 1974.
78. Rowel, B.L., Taylor, H.L.: "Limitations to Prediction of Maximal Oxygen Intake," J.Appl.Physiol., Vol: 19, Ss. 919-927, 1974.

79. Saltın, B. ve diğerleri.: "Response to Exercise After Bed Rest and After Training," Circulation, Vol: 38 (Suppl.7), Ss.12, 17-23, 38-43, 1968.
80. Saltın, B. ve diğerleri.: "Physical Training in Sedentary Middle-aged and Older Men. II. Oxygen Uptake, Heart Rate and Blood Lactate Concentration at Submaximal and Maximal Exercise," Scand.J.Clin.Lab.Invest. Vol:24, Ss. 323-333, 1969
81. Sammarco, J.G.: "Biomechanics of the Foot," (In) V.H. Frankel, M.Nordin (Ed.), Basic Biomechanics of the Skeletal System, Philadelphia, Lea and Febiger Co., Ss. 193-218, 1980.
82. Saunders, M., Inman, V., Eberhart, D.H.: "The Major Determinants in Normal and Pathological Gait," J. Bone Joint Surg., Vol: 35-A, No: 3, July 1953.
83. Scholz, C.K.: "Total Ankle Replacement Arthroplasty," (In) James Bateman (Ed.), Foot Science, Philadelphia, Saunders Co., Ss. 106-134, 1976.
84. Shoji, H.: "The Foot and Ankle," (In) D'Ambrosia R.D. (Ed.), Musculo-Skeletal Disorders, Philadelphia-Toronto, J.B. Lippicott Co., Ss. 487-513, 1977.
85. Siegel, W. ve diğerleri.: "Effects of a Quantitated Physical Training Program on Middle-aged Sedentary Men," Circulation, Vol:41, Ss. 19-24, 1970.

86. Sim-Fook, L., Hodgson, A.: "A Comparison of Foot Forms Among the Non-Shoe and Shoe-Wearing Chinese Population," J.Bone Joint Surg [Am.] , 40:1058-1062, 1958.
87. Smahel, Z.: "Effects of Body Weight on the Configuration of the Plantar Arch (Planimetric Study)," 2~~W~~Hum. Biol., 52 (3): 447-457, Sep. 1980.
88. Smith, R.W.: "Evaluation of the Adult Forefoot," Clin. Orthop., (142): 19-23, Jul.-Aug. 1979.
89. Soule, G.R., Pandolf, K.B., Goldman, R.F.: "Energy Expenditure of Heavy Load Carriage," Ergonomics, Vol:21, No: 5, Ss. 373-381, 1978.
90. Staheli, L.T., Giffin, L.: "Corrective Shoes for Children: A Survey of Current Practice," Pediatrics, 65 (1): 13-17, Jan. 1980.
91. Steindler, A.: Kinesiology of the Human Body Under Normal and Pathological Conditions, Springfield, Illinois, U.S.A., Charles C.Thomas Publisher, Ss. 373-395, 399-412, 635-641, 1970.
92. Stott, J.R.R., Hutton, W.C., Stokes, I.A.F.: "Forces Under the Foot," J.Bone Joint Surg., 55-B, No:2, Ss. 335-343, May 1973.
93. Sümbüloğlu, K.: Sağlık Bilimlerinde Araştırma Teknikleri ve İstatistik, Matis Yayınları-3, Ankara, Ss.124-127, 1978.

94. Trott, W.A.: "Children's Foot Problems," Orthop.Clin.
North Am., 13(3): 641-654, Jul. 1982.
95. Turek, S.L.: Ortopedi İlkeleri ve Uygulamaları, Çev.
(Ed.), R.Ege, Yargıçoğlu Matbaası, Ankara,
Ss. 1304-1307, 1333-1336, 1339-1348, 1364-1365,
1980.
96. Viecesteinas, A. ve diğerleri.: "Energy Cost of Walking
with Lesions of the Foot," J.Bone Joint Surg.[Am.],
61(7): 1073-1076, Oct. 1979.
97. Von-Döbeln, W., Astrand, I., Bergström, A.: "An Analysis
of Age and Other Factors Related to Maximal Oxygen
Uptake," J.Appl.Physiol., Vol: 22, Ss.934-941, 1967.
98. Warwick, R., Williams, P.: "The Skeleton of the Foot,"
Gray's Anatomy, Longman Co., Ss. 373-385, 460-471,
578-585, 1973.
99. Waters, R.L. ve diğerleri.: "Energy Cost of Walking of
Amputees. The Influence of Level of Amputation,"
J.Bone Joint Surg., 58-A: 42-46, Jan. 1976.
100. Wells, F.K.: Kinesiology, Saunders Co., Ss. 293-314,
410-428, 1971.
101. Williams, M., Catherine, W.: Therapeutic Exercise, for
Body Alignment and Function, Philadelphia, W.B.
Saunders Co., Ss. 25-28, 77-84, 1957.

102. Workman, M.J., Armstrong, B. W.: "Oxygen Cost of Treadmill Walking," J.Appl.Physiol., Vol:18, Ss. 798-803, 1963.
103. Yale, I.: Podiatric Medicine, Williams and Wilkins Co., Baltimore, Ss. 229-250, 1974.
104. Zamosky, I., Licht, S.: "Shoes and Their Modifications," (In) S.Licht (Ed.), Orthotics Etcetera, Elizabeth Licht, Publisher, Baltimore, Maryland, Ss.388-452, 1966.