

ÇOCUK AYAKLARINDA CALCANEAL ve METATARSAL YÖNDE YÜK İLETİMİ

Dr. Tuncer KORKMAZ *, Dr. İlhami DEMİREL **

ÖZET

Bu çalışma, yaşları 0-8 yaş grubunda, 459 erkek ve 427 kız çocuk üzerinde yapılmıştır. Bu çocukların ayaklarından alınmış olan çeşitli antropometrik ölçülerden, vücut ağırlığının ayaklar üzerindeki, calcaneal ve metatarsal yönlerdeki yük iletimleri teorik olarak hesaplandı.

Çocuk ayaklarında ön ve arka yönde iletilen yük bileşenlerinin yaşa göre değiştiği saptandı. erkek ve kız çocuklar arasında ayaktaki yük iletiminde önemli farklılıkların olmadığı saptandı. Yaşa bağlı olarak, ayağın ön tarafı ile iletilen yükte artma, buna karşın, topuk ile iletilen yükte ise belirgin bir azalma olduğu görülmüştür.

SUMMARY

Calcaneal and Metatarsal Weight Distributions In Children's Feet

In this study 459 boys and 427 girls in 0-8 age-group are included. Weight distributions of the foot has been theoretically calculated by means of various anthropometric measures taken on the children's feet.

Thus, it has been determined that calcaneal and metatarsal weight distribution varies with age. The differences between the values related to the weight distribution doesn't play an important role in sexes. As the age advances, body-weight exerted to the metatarsal side increases whereas it decreases to the calcaneal side.

GİRİŞ

İnsanlarda ayak dik yürümeye tamamen adapte olmuş bir organdır. Yaşam boyu vücut ağırlığını üzerinde taşıırken, hiçbir yardımcı organa gereksinme duymayacak şekilde anatomik ve morfolojik bir yapı kazanmıştır. İnsanlara en yakın maymunlarda bile ayakta görülen morfolojik yapı oldukça farklıdır. Maymun ayaklarında bir de yakalayıcı özellik bulunmaktadır. Bu özellik insanlarda tamamen kaybolmuştur. Bu nedenle, insan ve maymun ayakları arasında belirgin anatomik ve morfolojik yapı farklılıkları bulunmaktadır.

Bu şekilde, tamamen dik yürümeye adapte olmuş insan ayağının morfolojik yapısı, tamamen biyomekanik bir yapı kazanmıştır. Talus kemiği vasıtası ile, dik olarak gelen kuvvet ayakta yer alan ayak kemerleri vasıtası ile, birçok yöne dağıtılmaktadır. Bu şekilde vücut ağırlığı oldukça geniş bir yüzeye dağıtılarak yere intikal ettirilmektedir (1, 2).

Ayak iskeletini oluşturan kemikler az hareketli eklemler aracılığı ile birbirine bağlanarak, elaktik bir yapı ve kemer oluştururlar. Ağırlığın ayak tabanına dağıtılması ve gelen ağırlığın hafifletilmesi bakımından ayak kemerleri önemli rol üstlenmişlerdir (2, 3, 4).

Ayak iskeleti *Articulatio-talocruralis* vasıtası ile alt extremité'ye bağlanmıştır. bu şekilde vücut ağırlığı iki temel yöne ayrılarak, ayağın ön tarafına (metatarsal yön) ve ayağın arka tarafına (Calcaneal yön) intikal ettirilmektedir.

* S.Ü. Eğit.Fak. Biyoloji Anabilim Dalı Bşk. Doç.

** S.Ü. Tıp Fak. Biyofizik A.B.D. Bşk. Prof.

Bu çalışmada ostalus vasıtası ile iletilen kuvvetin, ayağın ön ve arka tarafındaki dağılımlarının teorik olarak hesaplanması amaçlanmıştır.

MATERYEL ve METOD

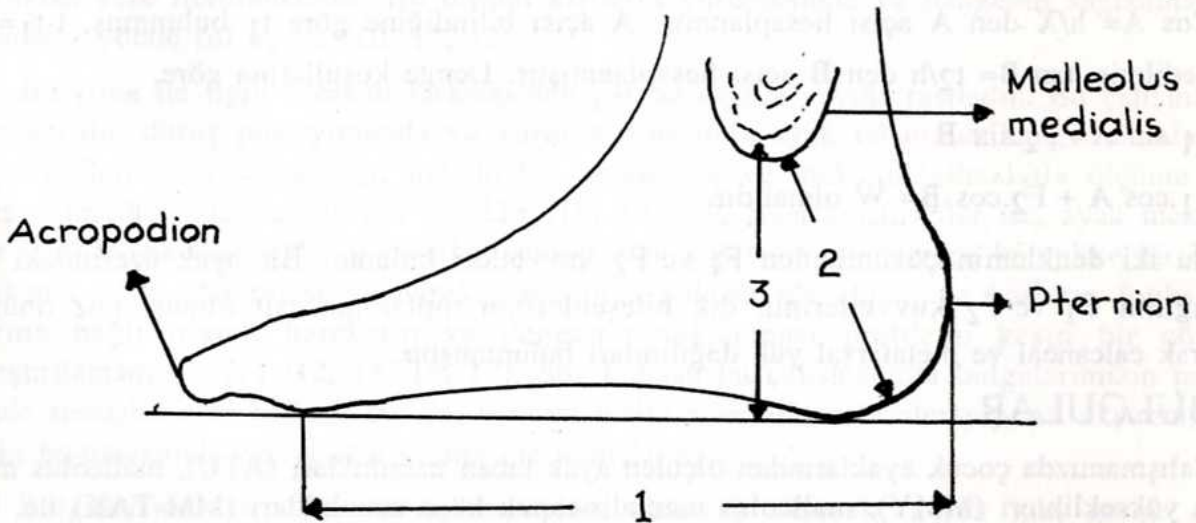
Çalışmamızda yaşları 0 ile 8 arasında olan toplam 886 çocuğun sağ ve sol ayaklarından antropometrik ölçüler alınmıştır. Ölçü aldığımız çocuklar Diyarbakır, Ankara doğumevlerinde yeni doğan üç günlük bebekler ile, bu şehirlerdeki kreş, ana okulu ve ilkokul öğrencileridir.

Bu çocukların yaş ve cinsiyet dağılımları aşağıdaki gibidir.

TABLO-1
Çocuklarda yaş ve cinsiyet dağılımı

Yaş	Erkek	Kız
0	41	37
1	51	50
2	44	55
3	55	38
4	51	47
5	53	50
6	55	51
7	59	51
8	50	52
Toplam	459	427

Ölçülerin hepsi çıplak ayaklardan, ayakta duramayan küçük yaştaki çocuklardan sırt üstü yatmış durumda, ayakta durarlarda ise, vücut ağırlığı her iki ayağa eşit olarak dağılmış durumda iken alınmıştır. Ölçü alınırken milimetrik taksimatlı kumpas, çap pergeli ve şerit metre kullanılmıştır. Ölçüler mm seviyesinde ölçülmüştür. Ölçüler aşağıdaki şekilde görülen ve çeşitli araştırmacılar tarafından tanımlanan noktalardan alınmıştır (5, 6, 7).



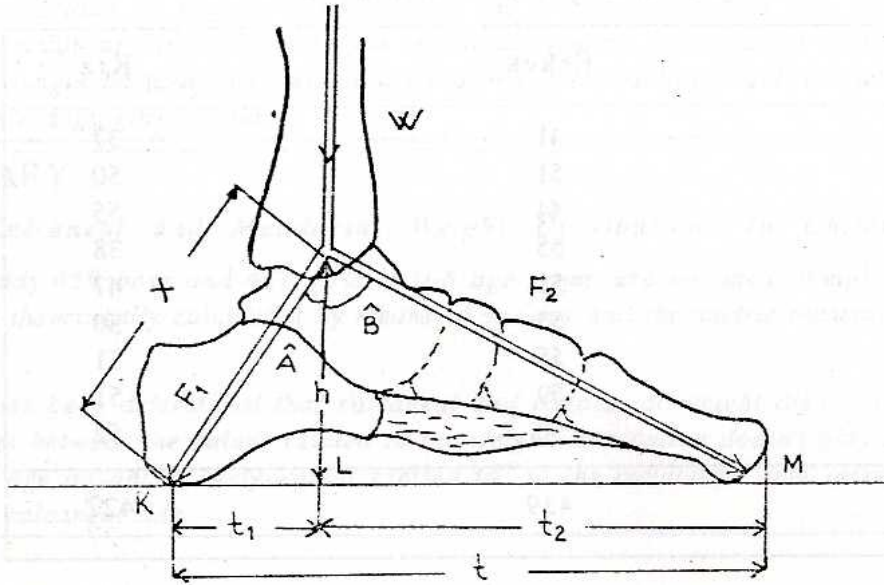
ŞEKİL-1
Ayaktan ölçü alınan noktalar.

1- Ayak taban uzunluğu: Arkada topuğun en arka noktası olan acropodion ile, önde 1. metatarsal kemiğin distal ucu arasında ve ayak eksenine paralel olan uzunluktur.

2- Malleolus medialis-topuk arka alt köşe uzunluğu: Malleolus medialis ile tuber calcaneus arasında kalan mesafedir.

3- Malleolus medialis yüksekliği: Malleolus medialis ile zemin arasındaki dik yüksekliktir.

Ayaklarda ön ve arkaya yük iletimi, bir ayağa düşen ağırlığın os talus üzerine os tibia ve fibula tarafından dik olarak etkilediği ve bu kuvvetin frontal düzleme göre metatarsal ve calcaneal olmak üzere iki temel doğrultuda yere iletiildiği kabul edilmiş ve denge koşullarına göre hesaplanmıştır (8, 9).



ŞEKİL-2

Ayakta kuvvet iletimleri; W'-Vücut ağırlığı, W bir ayak üzerine düşen ağırlık, X- Malleolus medialis-topuk alt köşe uzunluğu, t- Ayak taban uzunluğu, t₁- Acropodion ile tibia tarafından iletilen kuvvetin yatay doğrultuyu kestiği nokta (L) arasındaki uzunluk. t₂- M ile metatarsal kemiğin distal ucu arasındaki yatay uzunluktur.

$\cos A = h/X$ den A açısı hesaplanmış, A açısı bilindiğine göre t₁ bulunmuş, $t - t_1 = t_2$ elde edilmiş, $\tan B = t_2/h$ den B açısı hesaplanmıştır. Denge koşullarına göre,

$$F_1 \cdot \sin A = F_2 \cdot \sin B$$

$$F_1 \cdot \cos A + F_2 \cdot \cos B = W \text{ olmalıdır.}$$

Bu iki denklemin çözümünden F₁ ve F₂ kuvvetleri bulunur. Bir ayak üzerindeki W ağırlığının F₁ ve F₂ kuvvetlerinin dik bileşenlerinin toplamına eşit olması göz önüne alınarak calcaneal ve metatarsal yük dağılımları bulunmuştur.

BULGULAR

Çalışmamızda çocuk ayaklarından ölçülen ayak taban uzunlukları (ATU), malleolus medialis yükseklikleri (MMY), malleolus medialis-topuk köşe uzunlukları (MM-TAK) ile, bu verilerden hesaplanan, ayağın ön (metatarsal) ve arka (calcaneal) yönlerinde yere iletilen oranları (TARS), (CAL) tablo-II ve III de verilmiştir.

Tablolardaki antropometrik ölçülere bakıldığında, her iki cinsten, sağ ve sol ayaklardaki ölçülerin yaşla birlikte arttıkları görülmektedir. Ancak, yıllık artışlar yaşa bağımlı olarak düzenli değildir. 0-1 yaşlar arasında, her iki cinsten söz konusu olan ölçülerdeki artış çok hızlı olmaktadır. Bu yaş grubu dışında kalan, 1-8 yaş grupları arasında ölçülerin artışları nispeten düzenli olup, yaşlar arasındaki yıllık artışlar ayak taban uzunluğunda ortalama 10 mm, malleolus medialis yüksekliğinde 2 mm ve malleolus medialis topuk alt köşe uzunluğunda 3 mm civarında olmaktadır. Aynı şekilde, ayağın metatarsal ve calcaneal yönüne intikal eden yüklerin dağılımına baktığımızda, her iki cinsten de sağ ve sol ayaklarda metatarsal yönde iletilen yükün yaşla birlikte arttığı, buna karşın calcaneal yük iletiminde azalma olduğu görülmektedir.

Bu ölçülerden elde edilen metatarsal ve calcaneal yük dağılımlarının yaşa göre değişimleri erkekler için grafik-I de kızlar için grafik-II de gösterilmiştir.

Grafik-I, II ve tablolar incelendiği zaman metatarsal yönde ağırlık iletiminde yaşa bağımlı olarak bir artışın olduğu net bir şekilde görülmektedir. Buna karşın, yaşla birlikte calcaneal yönde yük iletiminde belirgin bir azalma görülmektedir. Ancak, calcaneal yöndeki yük iletiminin azalması ve metatarsal yöndeki artışlar linear olmayıp, 3-4 yaşlarında her iki cinsten sağ ve sol ayaklarda metatarsal yöndeki yük iletiminde bir azalma olurken, calcaneal yönde artış görülmektedir. Örneğin, erkek sağ ayak metatarsal yük iletimi incelenecek olursa; sıfır yaşındaki çocuklarda ayağın ön tarafına iletilen yük oranı %11.4'den, iki yaşında %21.1 e kadar lineer olarak yükselirken, 2-4 yaşları arasında genel olarak bir azalma ile, %16.2 ye kadar inmektedir. 4 yaşından itibaren, yük iletiminde tekrar bir artış görülmektedir. Bu artışın oranları 4 yaşında %16.2 ve 8 yaşında %24.6 arasında değişmektedir. Aynı durum, sol ayakta ve kız çocuklarının sağ ve sol ayaklarında yaşa göre küçük varyasyonlar göstermesine karşılık mevcuttur.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Yeni doğmuş bebeklerin ayaklarında yapılan çalışmalarda calcaneus ekseninin yatay düzlemle yapmış olduğu açının çok düşük olduğu görülmüştür. Yaşla birlikte bu açının büyüdüğü ve bu açının büyümesine bağlı olarak ayak kemerinin oluştuğu saptanmıştır (2). Bilindiği gibi ayağa os talus tarafından iletilen vertikal ağırlık ayak kemeri tarafından ön ve arka tarafa iletilir. Düz tabanlarda (pes planus) bu iletim articulationis'ın hemen altından yere iletilmektedir. Bu durum kişilerin yürümesinde ve dengenin sağlanmasında olumsuz yönde rol oynar (10, 11, 12).

Bu konu ile ilgili literatür taramasında çok az sayıda yayına rastladık. Bu çalışmaların birkaçı dik duruş pozisyonunda ve yürüme esnasında ayak tabanının hangi noktaları ile ağırlık iletiminin saptandığı, geliştirilen elektronik ve mekanik cihazlarla ölçüme dayalıdır; teorik çözümler mevcut değildir (10, 13, 14). Bazı araştırmacılar ise, ayak mekaniği ile ilgili teorik çalışmalar yapmışlar, ancak ayak yapısının son derece komplike bir biyomekanik yapı göstermesi ve hareket sırasında çok sayıda eklem ve kasların fonksiyonlarına bağlı olarak hareketin ve dengenin sağlanması problemi kesin bir çözüme ulaştırılamamıştır (11, 12, 15, 16, 17). Söz konusu bu çalışmalarda bulgularımızın paralelinde sonuçlar elde edilmiş ise de, konuyu bizim açıımızdan ele almayı, alt ekstremitelerdeki biyomekanik yapıyı tüm olarak ele almışlardır.

Bulgularımızdan elde edilen sonuçlara bakacak olursak, gerek kız, gerek erkek çocuklarda metatarsal ve calcaneal yönde yük iletimleri arasında büyük bir benzerlik görülmektedir. Ancak cinsler arasında ve sağ-sol ayaklar arasında küçük farklılıklar

TABLO-II

0-8 Yaş Grubu Erkek Çocuklarında Ölçülen Ortalama Antropometrik Ölçüler ve Bunlardan Hesaplanan Yük Dağılımları. SAĞ AYAKLAR

YAŞ	ATU	MMY	MM-TAK	TARS	CAL	N
0	58.1±0.696	25.6±0.527	27.5±0.565	0.114	0.886	41
1	87.2±0.978	38.0±0.590	42.4±0.781	0.195	0.805	51
2	95.3±1.862	38.6±0.801	44.6±0.928	0.211	0.789	44
3	103.6±1.089	42.0±0.635	47.0±0.609	0.184	0.816	55
4	111.6±1.351	44.7±0.571	49.0±0.666	0.162	0.838	51
5	119.8±1.486	48.0±0.886	56.3±0.849	0.222	0.778	53
6	131.0±1.534	48.9±1.071	59.1±0.745	0.229	0.771	55
7	132.3±1.357	50.0±0.460	60.1±0.678	0.227	0.773	59
8	140.8±1.371	55.4±0.868	67.4±0.827	0.246	0.754	50

SOL AYAKLAR

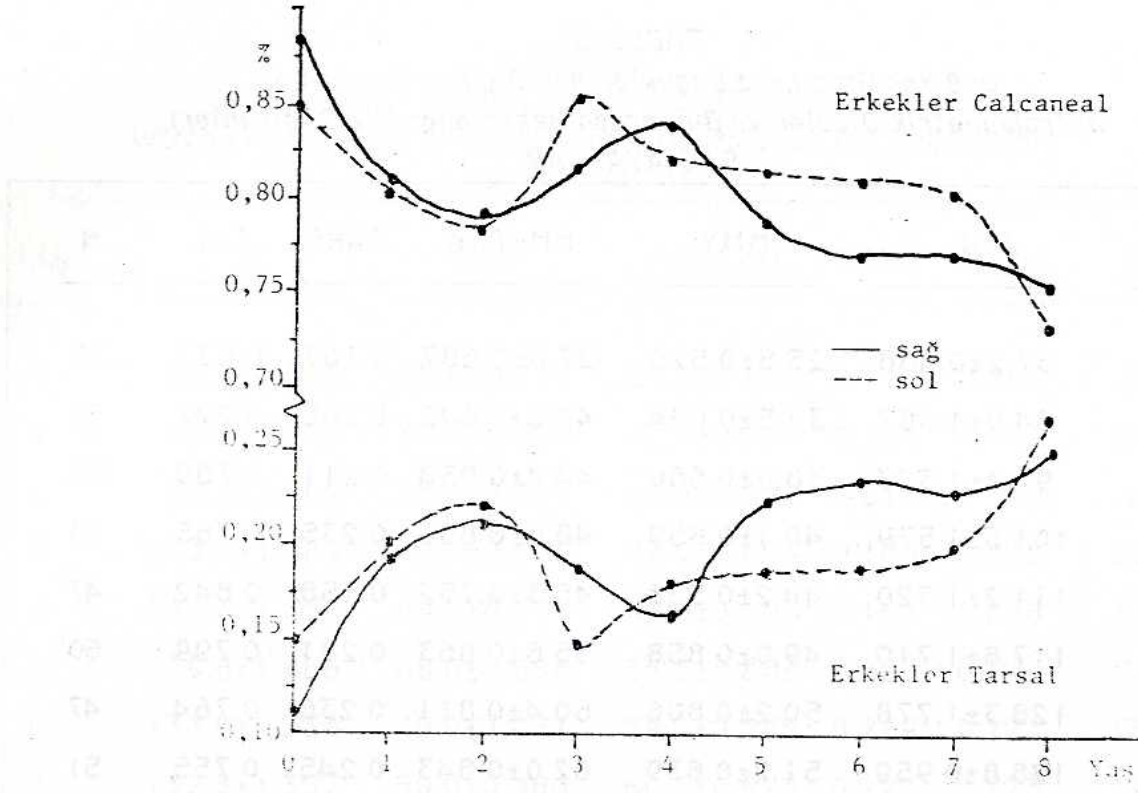
YAŞ	ATU	MMY	MM-TAK	TARS	CAL	N
0	57.9±0.654	26.0±0.397	27.8±0.559	0.152	0.848	41
1	86.3±0.937	38.9±0.685	43.2±0.781	0.197	0.803	51
2	97.4±1.773	40.5±1.091	46.7±1.271	0.215	0.785	44
3	104.7±1.234	43.6±0.752	46.9±0.591	0.149	0.851	55
4	112.6±1.238	44.5±0.574	49.8±0.577	0.179	0.821	51
5	119.3±1.643	49.5±0.762	55.5±0.782	0.188	0.812	53
6	131.1±1.672	52.1±0.830	58.9±0.785	0.189	0.811	55
7	132.8±1.205	53.3±0.594	60.7±0.712	0.197	0.803	59
8	141.7±1.006	53.9±0.677	68.6±1.019	0.270	0.730	50

TABLO-III
0-8 Yaş Grubu Kız Çocuklarında Ölçülen Ortalama
Antropometrik Ölçüler ve Bunlardan Hesaplanan Yük Dağılımları.
SAĞ AYAKLAR

YAŞ	ATU	MMY	MM-TAK	TARS	CAL	N
0	57.2±0.668	25.5±0.520	27.6±0.687	0.167	0.833	37
1	84.0±1.487	37.5±0.634	42.2±0.642	0.208	0.792	50
2	91.4±1.327	38.9±0.680	44.4±0.934	0.211	0.789	55
3	101.5±1.579	40.1±0.859	48.0±0.856	0.235	0.765	38
4	111.2±1.320	44.2±0.538	48.3±0.752	0.158	0.842	47
5	117.8±1.710	49.0±0.858	55.6±0.863	0.201	0.799	50
6	128.3±1.778	50.2±0.806	60.4±0.811	0.236	0.764	47
7	128.8±0.959	51.2±0.639	62.0±0.843	0.245	0.755	51
8	138.9±1.234	54.2±0.645	66.0±0.945	0.251	0.749	52

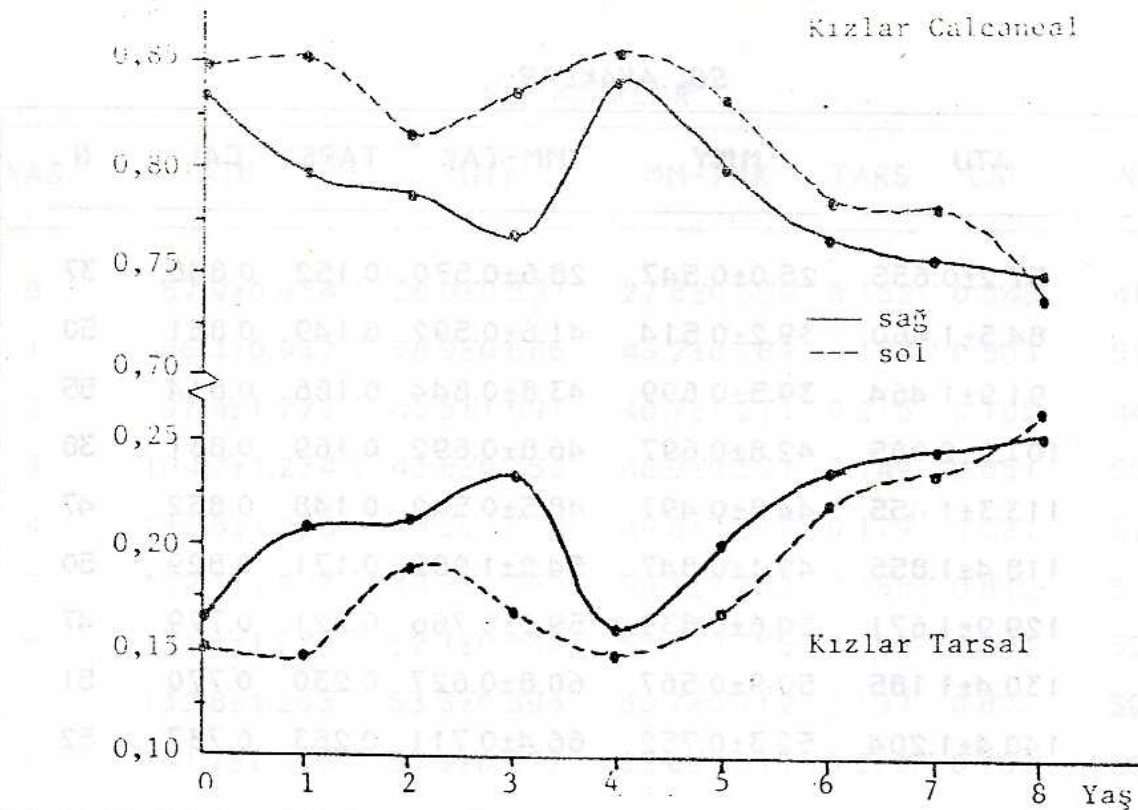
SOL AYAKLAR

YAŞ	ATU	MMY	MM-TAK	TARS	CAL	N
0	57.2±0.655	25.0±0.547	28.6±0.570	0.152	0.848	37
1	84.5±1.460	39.2±0.514	41.6±0.592	0.149	0.851	50
2	91.9±1.464	39.5±0.699	43.8±0.844	0.186	0.814	55
3	101.0±2.085	42.8±0.697	46.8±0.892	0.169	0.831	38
4	113.3±1.455	44.8±0.497	48.5±0.542	0.148	0.852	47
5	118.4±1.855	49.1±0.847	54.0±1.082	0.171	0.829	50
6	129.9±1.671	50.6±0.839	59.8±0.766	0.221	0.779	47
7	130.4±1.185	50.9±0.567	60.8±0.627	0.230	0.770	51
8	140.4±1.204	52.3±0.752	66.4±0.711	0.263	0.737	52



GRAFİK-I

Erkek çocuk ayaklarında calcaneal ve metatarsal yönlerdeki yük iletimlerinin yüzdeleri.



GRAFİK-II

Kız çocuk ayaklarında calcaneal ve metatarsal yönlerdeki yük iletimlerinin yüzdeleri.

çalışmada kullanılan çocukların her yaş grubundaki sayıların azlığından olabilir. Bu sonuçlara göre yaş ilerledikçe ağırlık iletiminin öne kaydığı tartışılmaz bir gerçek olarak görülmektedir. GrafikI, II. Literatürde, erişkin kişiler üzerinde yapılmış çalışmalarda, ağırlığın yaklaşık %66 sının calcaneal, %34 ünün metatarsal yönde iletildiği belirtilmektedir (2). Çalışmamızın sonuçlarına göre, her ne kadar bu değerleri elde etmemişsek te grafiklerin trendinin bu sonuçlara doğru yükselme gösterdiği açıkça görülmektedir. Örneğin, metatarsal yöndeki, erkek sol ayaklarındaki, yük iletimi sıfır yaşta %11.4 iken, bu değer 8 yaşında %24.6 ya ulaşmaktadır. Büyüme 18-20 yaşlarına kadar devam ettiğine göre, ayağın gelişimi de buna paralel olarak devam edeceği düşünülürse, erişkinlerdeki bu yük dağılımına ulaşacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

1. Straus, W.L.: Growth of the Human Foot and Its Evolutionary Significance. Carnegie Inst. Wash. Publ. no. 380, Cont. to Embryol. 19(101): 93-134, 1927.
2. Morton, D.J.: Human Locomotion and Body Form. The William Wilkins, Baltimore, 61-69, 1952.
3. Odar, İ.V.: Anatomi Ders Kitabı. 10. basım. Yeni Desen Tic. Ltd. 143-150, 1975.
4. Smith, C.: Talipes I, Anatomy of the Foot. Nurse Times. 71(4): 138-39, 1975.
5. Martin, R., Saller, K.: Lehrbuch der Anthropologie. Gustav Fischer Verlag. Scuttgart. Bant I, 315-6, Bant II, 1111-3, 1959.
6. Olivier, G.: Anatomie Anthropologique. Vigot Freres, Edicurs, Paris. 363-383, 1965.
7. Bostancı, E.: Türk Okul Çocuklarında büst ve Alt Taraf Kısımlarının Büyümesi Üzerine Bir Araştırma. A.Ü.D.T.C.F. Derg. 13(1-2): 69-139, 1955.
8. Anthony, M.R.: L'evolution du Pied Humain. Bull. Méc. Soc. Anthropol. Paris. 5(3): 818-835, 1902.
9. Mollier, S.: Plastische Anatomie. 2. Aufl. München Verlag Von J.F. Bergmann: 18-43, 1938.
10. Figura, M.A., Smith, S.D.: Frontal Plane Deformity of the Subtalar Joint in Flexible Flat Foot. J.Amer. Podiatry Assoc. 66(11): 867-72, 1976.
11. Digiovanni, J.E., Smith, S.D.: Normal Biomechanics of the Adult Rearfoot. J.Amer. Podiatry Assoc. 66(11): (812-24, 1976.
12. Hicks, J.H.: The Mechanics of the Foot. I. the Joints. Birmingham. J.Anatomy, 87:345-57, 1953.
13. Grundy, M., Tosh, P.A., McLeish, R.D., Smidt, L.: An Investigation of the Centers of Pressure Under the Foot While Walking. J.Bone and Joint Sur. 57-B(I): 98-103, 1975.
14. Stokes, I.A.F., Stott, J.R.R. and Hutton, W.C.: Force Distributions Under the Foot-a Dynamic Measuring System. Biomedical Eng. 9: 140-43, April 1974.
15. Lloyd, R.: Children's Feet. Proc. R.Soc. Med. 70(6): 375-77, 1977.
16. Morris, J.M.: Biomechanics of the Foot and Ankle. Clin. Ort. 122: 10-17, 1977.
17. Inman, V.T.: UC-BL Dual-Axis Ankle-Control Ssystem and UC-BL Shoe Insert. Bull. Prosth. Res. 10-11: 130-45, 1969.