

Kalça Eklemının Biomekaniği

Dr. Aziz ALTURFAN (*)
Dr. Remzi TÖZÜN (**)
Dr. Önder YAZICIOđLU (**)
Dr. Mahmut BERKMAN (**)
Dr. Metin TÜRKMEN (**)
Dr. Yener TEMELLİ (**)

Ö Z E T

Bu çalışmada kalça eklemının biomekaniğinin önemi vurgulanmış ve yürüme nin her iki fazında eklemın çeşitli pozisyonları anlatılmıştır. Daha sonra femur üst ucundaki fizyolojik yüklenmelerin literatür ışığı altında tartışması yapılmış ve femur başını etkileyen streslerden kısaca bahsedilmiştir.

G İ R İ Ő :

Kalça biyomekaniği, kalçanın mekanik yapısı ve bozukluklarının mekanik biliminin kuralları içerisinde incelenmesidir. Biyomekanik son yıllarda üzerinde en çok çalışılan konulardan biridir ve bu çalışmaların sonunda ortopedik açıdan bir çok sorunun aydınlatılabildiği söylenebilir (2, 3, 4, 5, 8, 9). Kalça eklemının biyomekanik açıdan incelenmesi bu eklemi etkileyen kuvvetlerle, eklem hareketleri ve eklemi oluşturan dokuların özellikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek ve mevcut biyolojik dengenin mekanik yasalarını saptamak amacına yöneliktir (4). Kalçanın biyomekaniği araştırılırken, bir bütün olarak kalça

(*) İst. Üniv. İst. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Doçenti.

(**) İst. Üniv. İst. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Uzmanı.

eklemi inceleneceği gibi, bu bütünü oluşturan kıkırdak, spongiyöz ve kortikal kemik, bağ ve kapsül gibi elemanların mekanik özelliklerinin ayrı ayrı ve birlikte değerlendirilmesi gerekir (4). Zira bu dokuların tek tek biyomekanik özellikleri ile, örneğin femur üst ucu ya da asetabulum gibi bir ünite de birlikte bulunmaları halinde gösterdikleri biyomekanik özellikler birbirinden farklıdır.

Bunun dışında, kalça biyomekaniği statik ve dinamik fazlarda incelenmelidir.

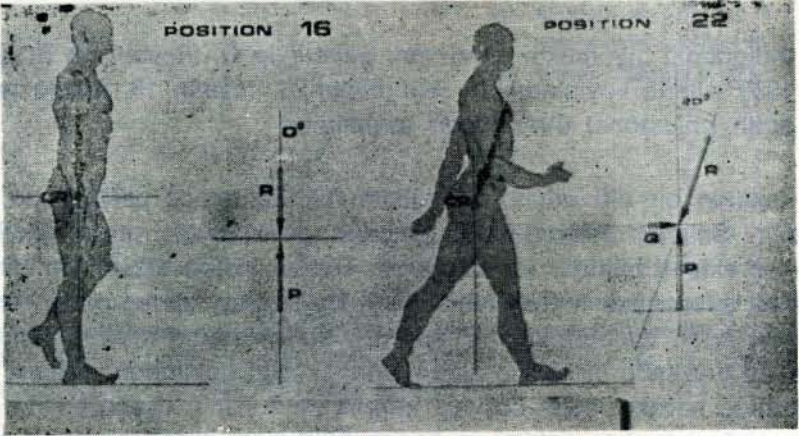
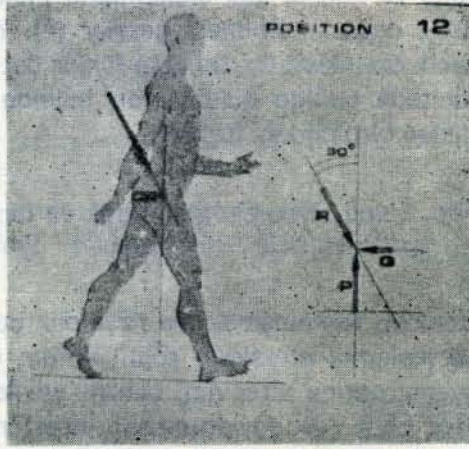
Destek dokusunun farklılaşması ve fizyolojik adaptasyonun sağlanması üzerinde mekanik streslerin rolü vardır. Örneğin kollajenli hidrostatik basınca bağlı çok sayıda oluşan streslerin kıkırdak hücre değişimini sağladığını göstermiştir (9).

Kalçadaki biyomekanik kavram genellikle O. Fischer ve Braune'nin 1889 yılında yayınladıkları yürümenin 31 fazının 16. fazına tekabül eden (midstans) durumunda tanımlanır.

İnsanın bir çift adımı, bir salınım bir de temas periyoduna ayrılabilir. Salınım periyodunda, arkadan gelen ayak yerden kalkarken diz eklemi bükülür ve diz yukarı kalkar. Kalça eklemi ön tarafa hareket eder. Ayak tekrar yere basar. Bu sırada salınım periyodunda hareket eden bacağın ağırlık merkezi, diz eklemine biraz yaklaşmış olur. Bu durumda meydana gelen dinamik etki açısından, salınım periyodunda hareket eden bacağın ağırlık merkezinin eksen dışına çıkması nedeniyle, kas çekimi ve bacak ağırlığının bileşkesi vücut ağırlığının % 60'ı kadar olur (1, 6).

Temas periyodunun karakteristiği, vücudun bir kısmının yanlı baş, boyun gövde, iki kol ve salınım periyodunda bulunan diğer bacağın ağırlık toplamının başka bir deyimle vücut artık ağırlığının, yere değen bacak tarafından taşınması durumunda olmasıdır (3, 6, 7).

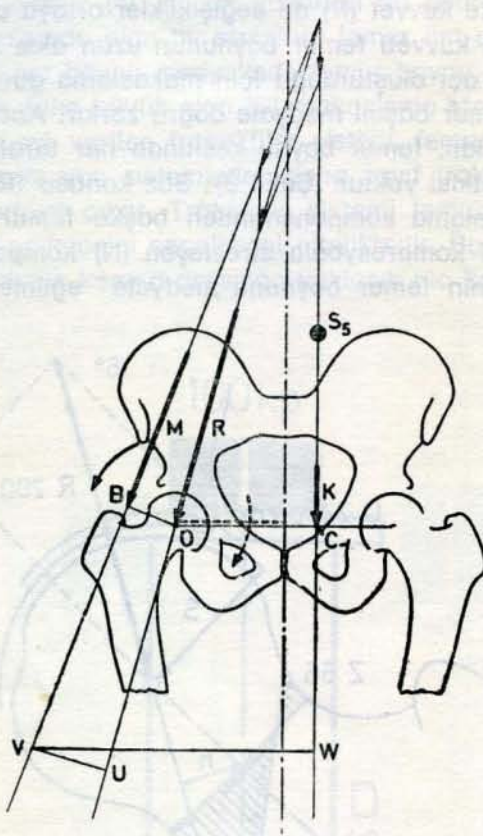
Temas periyodu (stans) topuğun yere teması ile başlar (12. faz), tabanın tümü yer ile temasa geçtiğinde (midstans) vücut dengeye gelir (16. faz). Topuk yerden temasını kaybeder. Yük parmağa biter ve başparmakta yerle temasını kaybederken (toe-off) temas periyodu sona erer (22. faz), (Şekil 1).



Şekil 1: Yürüme esnasında temas periyodu.

Kalça eklemine hareket ettiren kasların aktivitesi üzerindeki biyomekanik araştırmalar (Joseph ve Battye) temas periyodunda tek temas esnasındaki ekstremite durumlarını (Fischer, Eberhart, Ryker) kas çekmelerinin bileşkelerinin davranışlarını, kasların kaldırma kolu uzunluklarını ve ağırlık momentlerini, temas periyodu esnasında kalça eklemine tesir eden yüklenmenin bileşkesinin hesaplanmasına olanak sağlamıştır (3, 6, 7).

Bu giriş ve kısa açıklamadan sonra stans fazda femur üst ucundaki fizyolojik yüklenme ve dengeyi gözden geçirelim. Yürüyüşün stans fazında femur üst ucundaki fizyolojik yüklenmeyi femur başına etki eden kuvvetlerin bileşkesi belirler (Şekil 2). Söz konusu bu



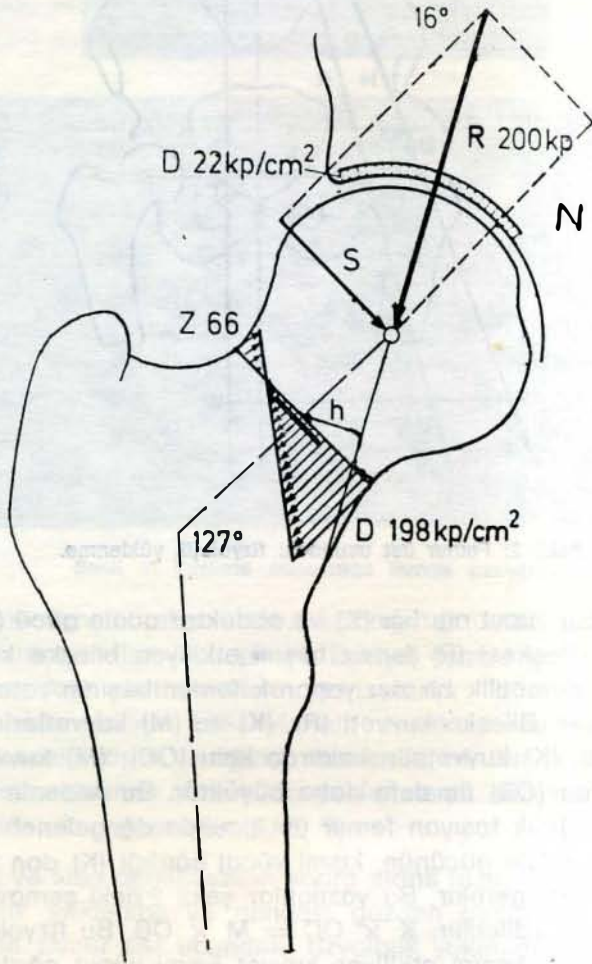
Şekil 2: Femur üst ucundaki fizyolojik yüklenme.

kuvvetler kısmi vücut ağırlığı (K) ve abduktör adale gücü (M) dir. Bu iki kuvvetin bileşkesi (R) femur başını etkileyen bileşke kuvvettir ve düşey ile 16 derecelik bir açı yaparak femur başının rotasyon merkezinden geçer. Bileşke kuvveti (R), (K) ve (M) kuvvetlerinin vektörel toplamıdır. (K) kuvvetinin kaldıraç kolu (OC), (M) kuvvetinin kaldıraç kolundan (OB) üç defa daha büyüktür. Bu nedenle stans fazda vücudun ağırlık taşıyan femur üst ucunda dengelenebilmesi için; (M) abduktör adale gücünün, kısmi vücut ağırlığı (K) dan 3 defa daha büyük olması gerekir. Bu yazılanlar şekil 2'deki şemaya göre şu şekilde formüle edilebilir: $K \times OC = M \times OB$. Bu fizyolojik denge esnasında femur başını etkileyen kuvvet kısmi vücut ağırlığının yaklaşık 4 katıdır.

Abduktor

nın kaldıraç kolu uzunluğu arasında meydana gelebilecek değişimlere göre bileşke kuvvet (R) de değişiklikler ortaya çıkar.

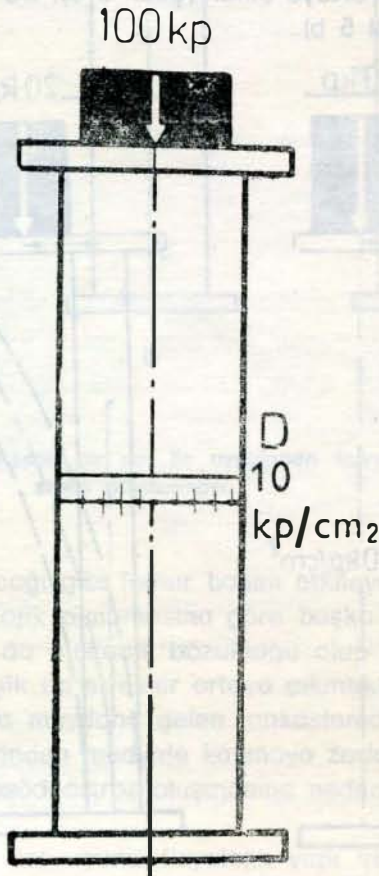
(R) bileşke kuvveti femur boynunun uzun aksı ile açıklığı medyale bakan bir açı oluşturduğu için makaslama gücü (S) ortaya çıkar. Bu güç femur başını medyale doğru zorlar. Ancak fizyolojik değerde olduğundan, femur boynu kesitinde her tarafta eşit dağıldığı için patolojik etkisi yoktur (Şekil 3). Söz konusu (R) bileşke kuvvetinin (S) makaslama komponentinden başka femur başına dik gelen ve başı saf kompresyonla stresleyen (N) komponenti vardır (R) bileşke kuvvetinin femur boynunu medyale eğilmeye zorlayan (S)



Şekil 3: Femur, baş, boyun ve acetabulumdaki kuvvet dağılımı.

komponenti

meydana getirir. Gerilme stresinin karşısında ondan daha büyük makaslama stresi oluşur (4). Ancak yukarıda da belirtildiği gibi fizyolojik sınırlar içerisinde olan bu streslere femur üst ucu uyum gösterir. Gerçekte femur boynu medyalinde femur boynu lateralindeki gerilmeye nazaran daha büyük olan (S) makaslama stresi sonucu kompresyon sistemi adı verilen trabeküler sistem, femur boyununun lateralinde ise kompresyon sisteminden daha zayıf traksiyon ya da gerilme sistemi ortaya çıkar. Traksiyon sistemi femur boyununun aşağıya ve arkaya eğilmesini engelleyici niteliktedir. Bu iki sistemin keşiştiği yer ile Adams kemeri arasında yaklaşık hiç kompresyona ma-



Şekil 4: Kompresif stres.

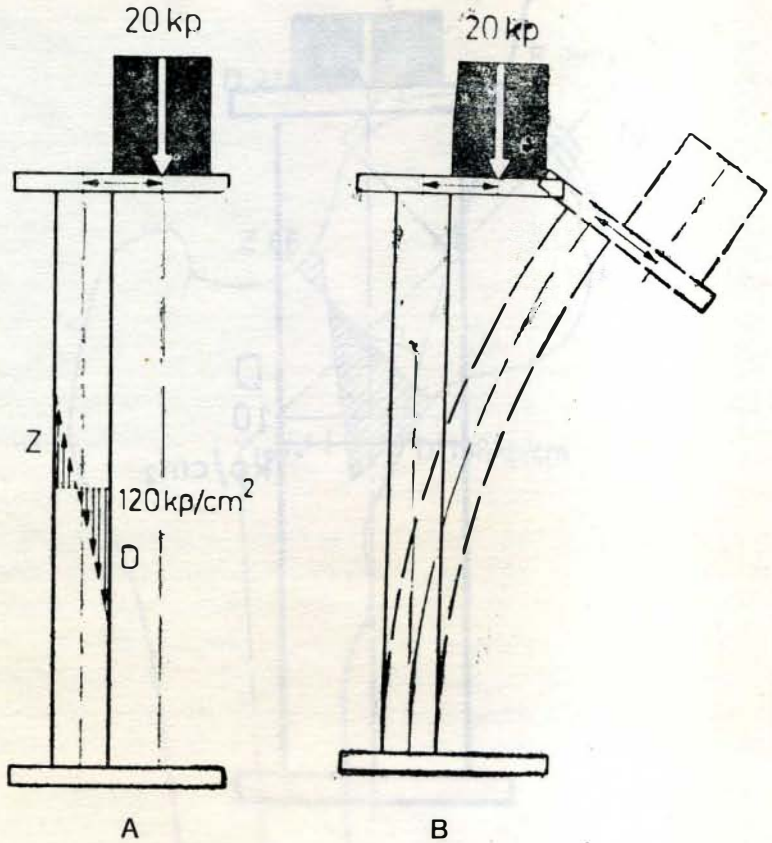
Şekil 5 a: Eksantrik yüklemde sıkışma ve gerilme streslerinin oluşumu.

ruz kalmayan ve Ward üçgeni olarak anılan trabekülsüz bir alan vardır. Coxa varada kompresyon sisteminin silik oluşu Ward üçgeninde trabekül sistemi olmayışı belirtilen fizyolojik adaptasyonun en güzel örneğidir (9).

Böylece femur başını etkileyen streslerin üç tipi olduğu ortaya çıkmaktadır:

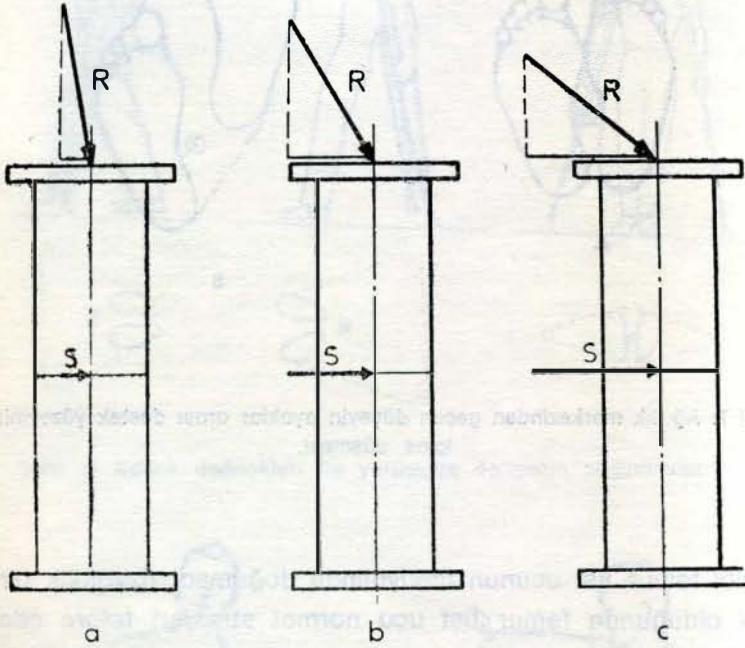
1 — Kompresif Stres: Yüklenme, yüklenen cismin eksenine uygun olduğu zaman meydana gelir ve yüklenen cismin enine kesitinde her tarafa eşit dağıldığı görülür (Şekil 4).

2 — Bükme ve gerilme stresi: Yüklenme, yüklenen cismin uzun eksenine uygun olmayıp eksantrik olduğunda meydana gelen streslerdir. Bu durumda yüklenmenin olduğu kenarda sıkışma, karşıtında ise gerilme stresi ortaya çıkar (Şekil 5 a). Bu iki stres cismi meye zorlar (Şekil 5 b).



Şekil 5 b: Eksantrik yüklemeye sıkışma kalon'un bükülmesi.

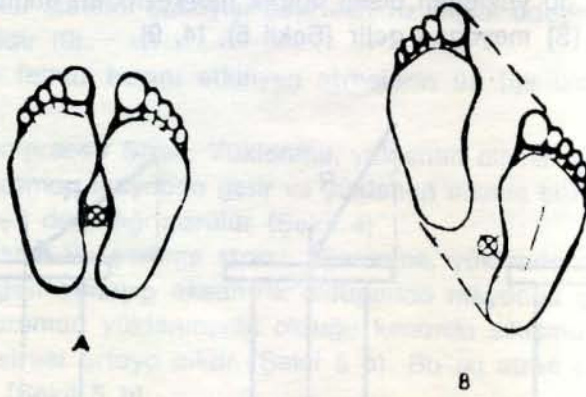
3 — Makaslama stresi : Burada yüklenen cisme kuvvet tatbiki, cismin uzun aksı ile bir açı oluşturacak şekilde uygulanır. Bu açıya bağlı olarak da yüklenen cismi ağırlık merkezinden etkileyen makaslama stresi (S) meydana gelir (Şekil 6), (4, 9).



Şekil 6: Uzunlama eksene bir açı ile uygulanan kuvvet'in makaslama stresi oluşturması.

Buradan anlaşılacağı gibi fizyolojik ya da fizyolojik olmamasına göre başka bir deyişle kalça eklemine normal ya da mekanik bozukluğu olup olmamasına göre femur boynunda değişik tip stresler ortaya çıkmaktadır. Örneğin, femur boynu kırıklarında meydana gelen makaslama stresi proksimal fragmanı distalin üzerinden medyale kaymaya zorlar ve bu patolojik stres yok edilmezse psödoartroz oluşmasına neden olur.

Normalde femur üst ucunu fizyolojik yapı ve reaksiyon gücü ile burayı etkileyen kuvvetler arasında fizyolojik bir denge vardır. Bu denge herhangi bir nedenle bozulduğunda femur üst ucunda patolojik bulgular ortaya çıkar. Örneğin Coxa Vara Congenitale'de ol-

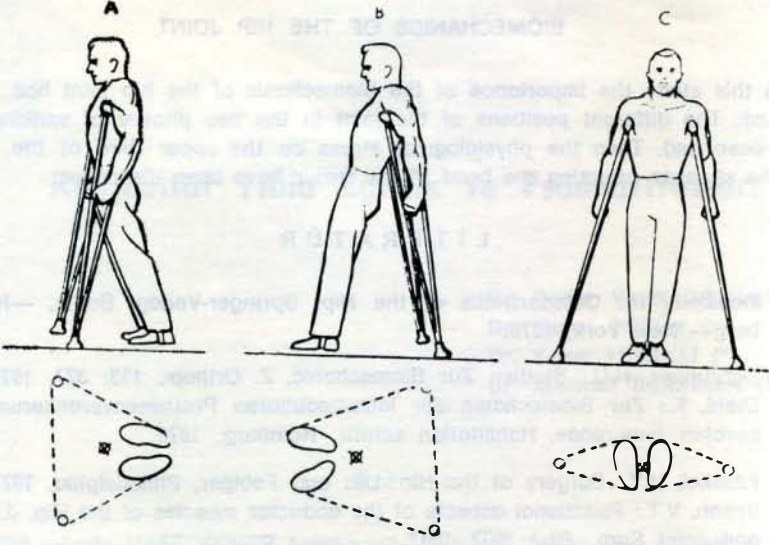


Şekil 7; Ağırlık merkezinden geçen düşeyin ayaklar arası destek yüzeyinin içine düşmesi.

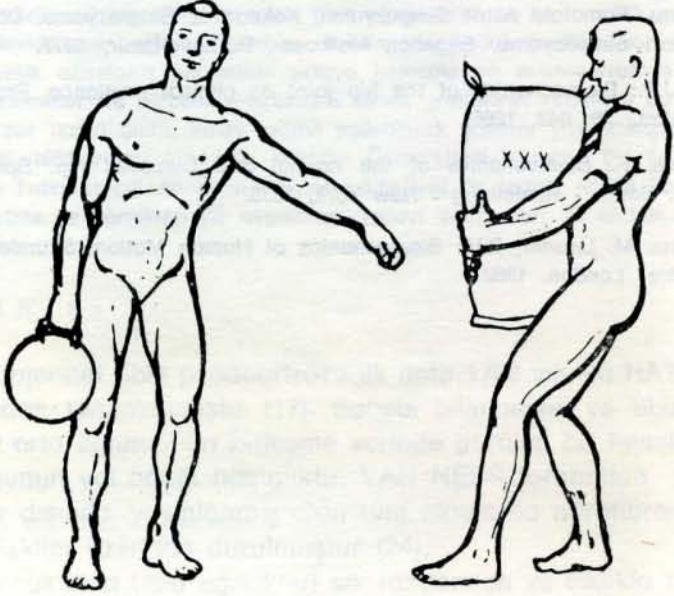
duğu gibi femur üst ucunun medyalinde doğumsal fizyolojik bir yetersizlik olduğunda femur üst ucu normal stresleri tolere edemez ve bükülerek femur boyun-şaft açısının daralması ve hatta femur boynunda psödoartroz meydana gelmesi söz konusu olur. Bu gibi hallerde yapılması gereken, söz konusu patolojik streslerin biyomekanik kurallara uyularak yok edilmesidir.

Son olarak unutmamız gereken bir husus, insan yürüyüşünün ister statik ister dinamik olarak incelenmesi esnasında bazı klasik fizik kurallarının unutulmaması gereğidir. Örneğin, ayakta duran bir şahsın ağırlık merkezinden geçen bir düşey o şahsın iki ayağının dış kenarı ile sınırlanmış bulunan destek yüzeyinin içine düşer (Şekil 7). Aynı şekilde çift koltuk değneğiyle yürüyen bir şahsın ağırlık merkezinden geçen düşeyi daima destek yüzeyinin içine düşürmek zorunludur.

hista otomatik olarak pir postür değişimi ile kendini gösterir (Şekil 9), (10).



Şekil 8: Koltuk değnekleri ile yürümede dengenin sağlanması.



Şekil 9: Ağırılık taşıyan bir şahısta postür değişimi ile dengenin sağlanması

S U M M A R Y

BIOMECHANICS OF THE HIP JOINT

In this study the importance of the biomechanic of the hip joint has been stressed. The different positions of the joint in the two phases of walking has been described. Then the physiological stress on the upper third of the femur and the stresses affecting the head of the femur have been discussed.

L İ T E R A T Ü R

- 1 — Bombelli, R.: Osteoarthritis of the Hip. Springer-Verlag, Berlin, —Heidelberg— New York, 1976.
- 2 — Debrunner, H.U.: Studien Zur Biomechanic. Z. Orthop., 113: 377, 1975.
- 3 — Diehl, K.: Zur Biomechanic der intramedullaren Prothesenverankerung am coxalen femurende, Habilitation schrift, Hamburg, 1976.
- 4 — Frankel, H.V.: Surgery of the Hip. Lea and Febiger, Philadelphia, 1973.
- 5 — Inman, V.T.: Functional aspects of the abductor muscles of the Hip. J. Bone and Joint Surg., 29-A:
- 6 — Kokino, M. J.: Endoprotezlerde Sap Uzunluğunun Proksimal Femurun Biomekanik Yükleme Üzerine Etkisi. Doçentlik Tezi, İstanbul, 1978.
- 7 — Korkusuz, Z.: Kalça Mafsalı Biomekaniği, Osteo Artiküler Tüberküloz Simpozyumu, Romatoid Artrit Simpozyumu, Koksartroz Simpozyumu, Diz Yaralanmaları Simpozyumu. Bilgehan Matbaası, Bornova-İzmir, 1977.
- 8 — Paul, J.P.: Biomechanics of the hip joint as clinical relevance. Proc. Roy. Soc. Med., 59: 943, 1966.
- 9 — Pauwels, F.: Biomechanics of the normal and Diseased hip. Springer - Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1976.
- 10 — Williams, M. Lissner, R.H.: Biomechanics of Human Motion. Saunders, Philadelphia, London, 1962.