

Normal Kalça Eklemi Biyomekaniği

16

OSMAN UĞUR ÇALPUR

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

ÖZET

Normal kalça ekleminin biyomekanığının bilinmesi, kalça eklemi cerrahisinde ortopediste oldukça yararlı olacaktır. Kalça ekleminin deformiteleri ve kırıklarının tedavisinin programlanabilmesi için normal kalça biyomekanığının bilinmesi gerekecektir. Çünkü normal şartlar altında kalça eklemi üzerindeki stresler ve bunların etkilerinin bilinmesi patolojik streslerin değerlendirilmesinde yararlı olacaktır. Bu amaçla, değişik literatürlerden normal kalça ekleminin biyomekanığı araştırılmış ve ortopedik cerrahların ilgisine sunulmuştur.

SUMMARY

THE BIOMECHANICS OF THE NORMAL HIP JOINT

To know the biomechanics of the normal hip would be extremely helpfull to the orthopaedician in the hip joint surgery. The biomechanic of the normal hip should be known to be able to program the treatment of hip joint deformities and fractures. Because, under the normal conditions, knowing the stresses and its effects on the hip joint would be valuable in evaluating the pathologic stresses. Therefore, the normal biomechanic of the hip joint reviewed from the several literatures and brough out the Orthopaedic Surgeons' attention.

Kalça ekleminin biyomekanik analizi konusuna girmeden önce, biyomekanikte sıkça kullanılan bazı kavramları açıklamak yararlı olacaktır.

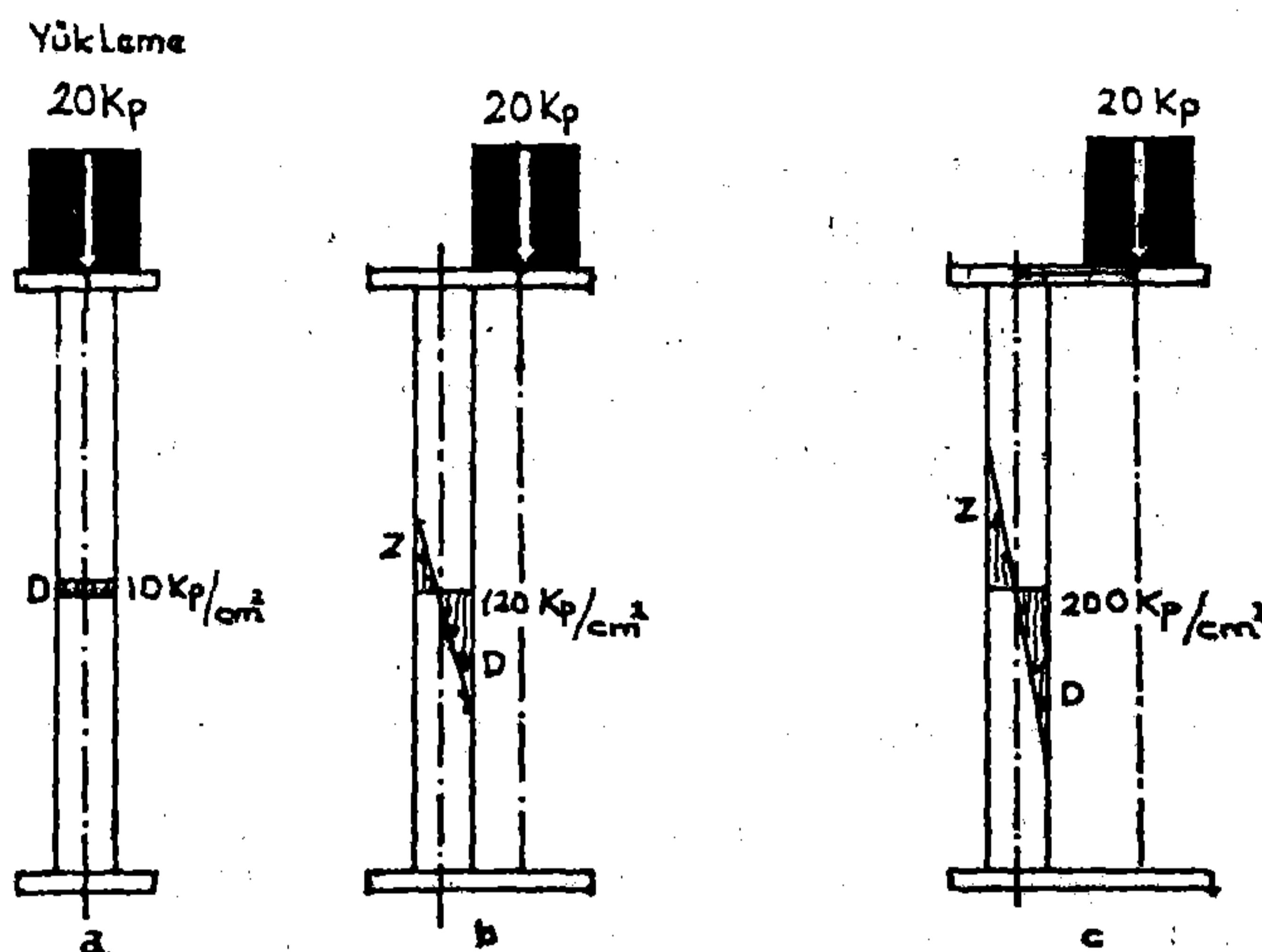
1 — Yüklenme (Loading) :

Vücuda ya da bir cisimde dışarıdan bir kuvvet uygulanmasıdır.

2 — Stres :

Kuvvet uygulanan yerdeki yapının yüklenmesidir. Başka bir deyişle stres, bir cisimde kuvvet uygulanmasından sonra, kuvvetin o cisimde yaptığı etkidir. Uygulanan kuvvet biçim ve yere bağlı olarak değişik stres tipleri oluşturabilir (Şekil 1 a, b, c).

Yüklenmenin çeşitli şekillerinde meydana gelen stresin boyutları Şekil 1 de gösterilmiştir. Bu şekillerde D kompresyon stresi, Z ise gerilme stresidir. Kolon, yükleniği tarafından kompresyona maruz kalır. Enine bir kesitte, kolonun tam merkezine yerleştirilmiş 20 Kp'luk bir ağırlık, 2 cm^2 'lik bir kesitte cm^2 'ye 10 Kp'luk bir kompresyon yapar. Şekil 1 a, b, c'de görüldüğü gibi yüklenmenin kolonun merkezinden dış yana kaydırılması ile enine kesitte cm^2 'ye isabet eden kompresyon stresinin arttığını görüyoruz (Şekil 1 a, b, c).



Şekil 1 a, b, c. Değişik yüklenmelerde oluşan stresler
(Paauwels'den).

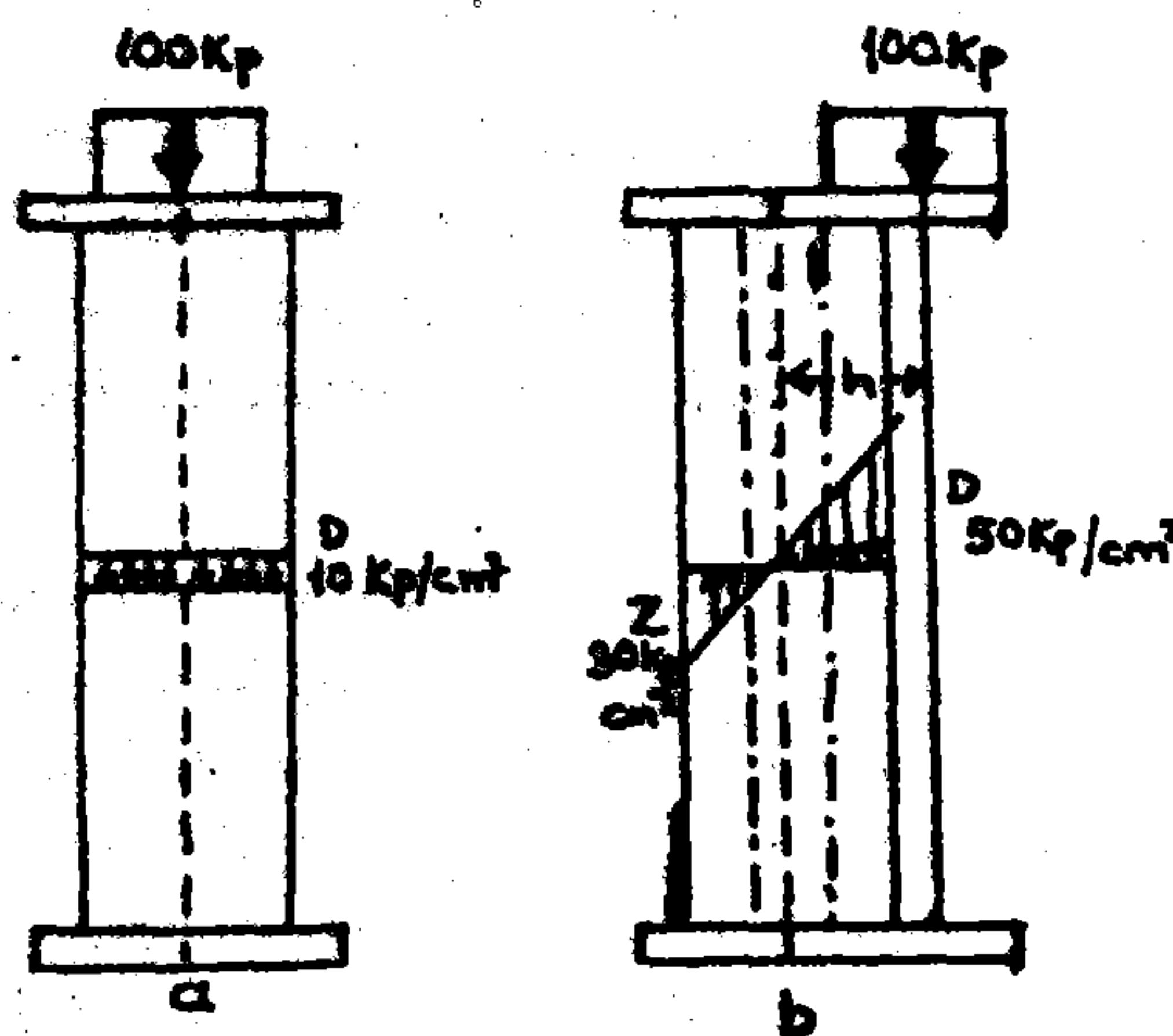
3 — Stres Tipleri :

Yüklenme sonucu ortaya çıkan stres 3 tipe ayrılır :

1 — Yüklenme kolonun aksına uyacak biçimde olduğu zaman, kompresif etkili bir stres meydana gelir ve bu stres kolonun enine kesitinde her tarafa eşit olarak dağılır. Bu durumda oluşan kompresif stresin büyüklüğü, yapılan aksiyel kompresif yüklenmenin büyüklüğüne bağlı ve bununla doğru orantılıdır (Şekil 2 a).

2 — Yüklenme aksiyal olmayıp, eksantrik olduğunda, sadece kompresyon değil bükülme de meydana getirecektir. Böylece oluşan bükülme, kolona etki ettiği kesimde kompresyonu artıracak, buna karşılık aksi tarafta gerilmeye neden olacaktır (Şekil 2 b). Kompresyon tarafında oluşan stres, aksiyal

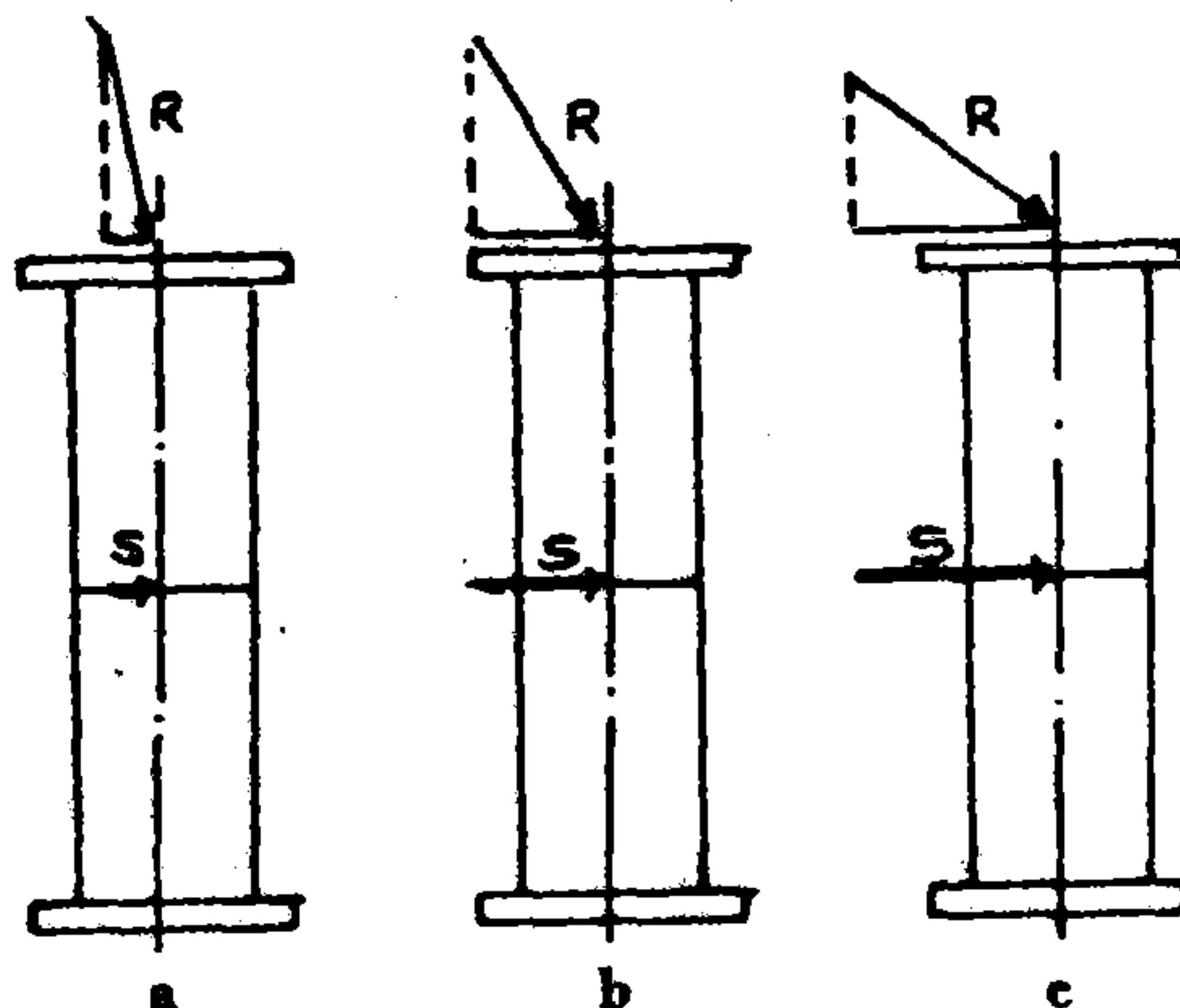
kompresif stresin, büktümenin yaptığı kompresif stres eklenmesi nedeni ile kolonun karşı tarafında oluşan gerilme stresinden daha büyütür.



Şekil 2 a, b. Bükmeye ve gerilmeye maruz kalan kolonun stres分配 (Pauwels'den).

3 — Stresin 3. tipi makaslama stresidir ve Şekil 3 a, b, c'de gösterilmiştir.

Burada oluşan bileşke kuvvet R'nin yönü, kolon aksı ile aynı olmayıp onunla açı yapmaktadır. Böylece R kuvveti, S komponenti ile makaslama stresi oluşturmaktadır. Kolonun enine kesitinde önemli ölçüde makaslama stresi ile karşılaşılır. Bu stresin büyüklüğü R bileşke kuvvetinin, kolonun aksı ile yaptığı açının artması ile büyür.



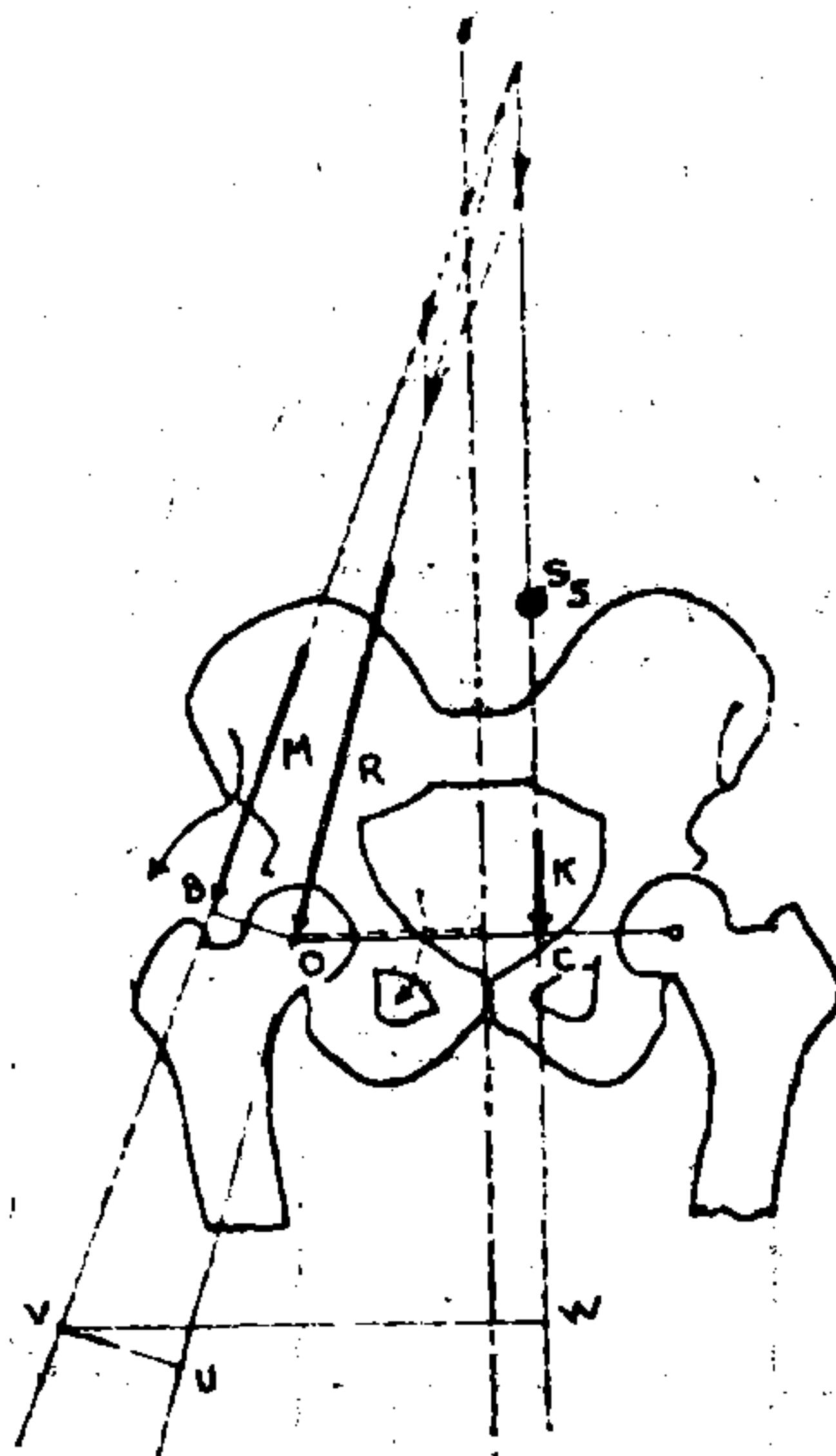
Şekil 3 a, b, c. Makaslama stresinin oluşumunu gösterilmiştir (Pauwels'den).

4 — Femur Üst Ucundaki Fizyolojik Yüklenme ve Streeler

Kalçanın, statik ve dinamik denge durumlarında, kalçaya gelen yükler farklıdır.

İnsan, iki bacak üzerinde sabit dururken, her iki alt ekstremiteye vücut ağırlığının $2/3$ 'ü veya her bir kalçaya vücut ağırlığının $1/3$ 'ü eşit olarak etki eder. Geri kalan $1/3$ 'ü ise her iki alt ekstremitenin kendi ağırlığıdır. Ön-arka plânda gövde stabilizasyonunu sağlayan ligaman ve kas kuvvetleri de bu yüklenmeyi arttırmıştır¹.

Kalçanın dinamik denge durumunda; kalçaya gelen yük, yürümenin stanz fazında, destek görevi gören bacağın femur başı üzerine etki eden R bileşke güçleri ile gösterilebilir. Kîsmî vücut ağırlığı (K) medial olarak kalça eklemine etki eder (kîsmî vücut ağırlığı = vücut ağırlığı-ağırlık taşıyan bacağın ağırlığı). Bu kuvvetin çizgisi, S_5 yerçekimi ağırlık merkezinden geçer. Bu durumda vücut ağırlığı, kalçaya lateral olarak etki eden abduktör kas kuvveti (M) ile dengelenir (Şekil 4)².



Şekil 4. Femur üst ucunun fizyolojik yükselmesi
(Müller'den).

Bu güçlerin bir bileşkesi olarak ortaya çıkan kompresif güç R'nin yönü, musküler güç (M) ile kîsmî vücut ağırlığı (K)'nın aksiyon hatlarının kesiş-

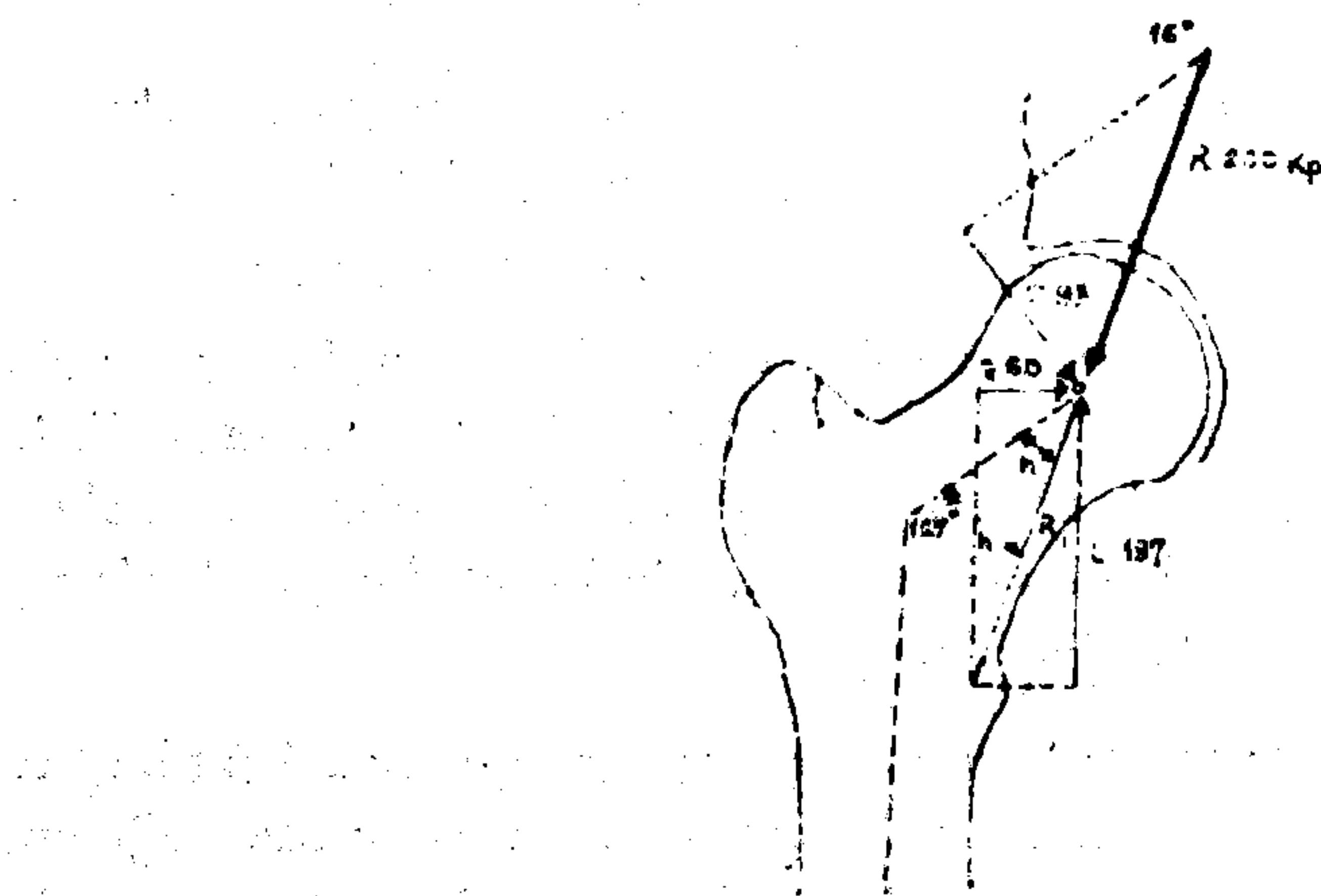
tığı noktası ile femur başının rotasyon merkezini birleştiren doğru bir hat boyunca uzanır. R'nin aksiyon hattı yukarıdan aşağı ve içten dışa doğru yönelmiştir. Vertikal ile yaklaşık 16° lik bir açı yapar (Şekil 4).

R'nin büyüklüğü, M ve K güçlerinin vektöryel toplamıdır. Primer olarak (M) musküler gücünün büyüklüğünə bağlıdır. Femur başı üzerine etki eden kısmi vücut ağırlığı (K) ve musküler güçlerin (M) oluşturduğu kaldırıcı kolları ile belirlenir. Kısımlı vücut ağırlığı K'nın kaldırıcı kolu uzunluğu (OC), abduktör kas gücü (M)'nin kaldırıcı kolundan (OB) yaklaşık 3 defa büyütür. Bu nedenle kaldırıcı kanununa göre :

$$K \times OC = M \times OB \quad (\text{Kuvvet} \times \text{Kuvvet Kolu} = \text{Yük} \times \text{Yük Kolu})$$

Formülünden de çıkarılabileceği gibi, vücudun yük taşıyan taraftaki kalçada dengelenebilmesi için, abduktör kasların kuvvetinin kısmi vücut ağırlığının 3 katı olması gereklidir. Meydana gelen kompresif güç R, tüm eklemi ve femur başını etkileyen saf kompresyon güçudur. Çünkü R, basınç merkezini çaprazlar ve basınç yüzeyine diktir.

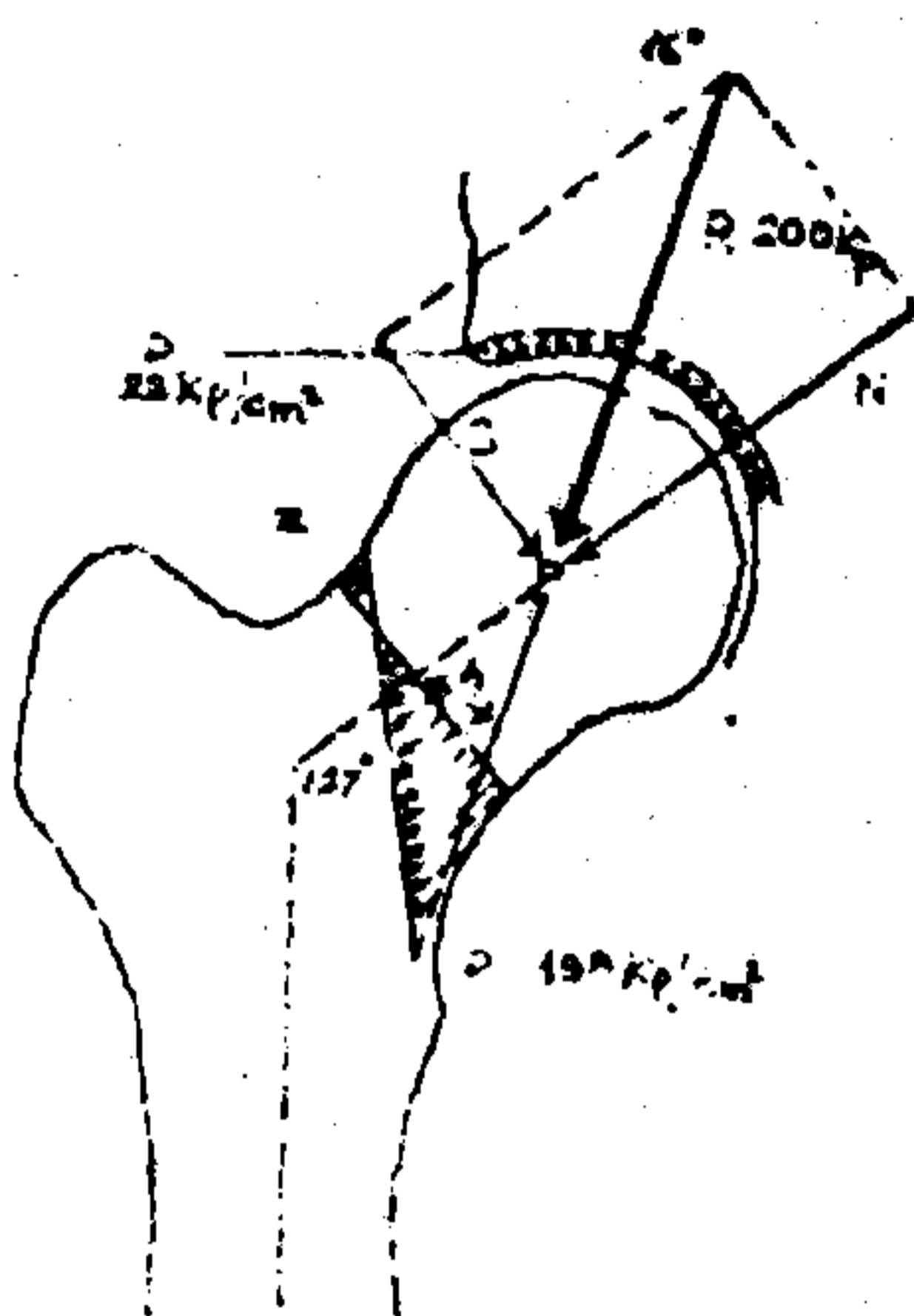
Kompresif güç R'nin femoral boyun aksı ile uyuşmaması ve bu aks ile açıklığı mediale bakan bir açı oluşturması nedeni ile femur boynunu eğme etkisi vardır. Bunun sonucu olarak, R kuvveti, kaldırıcı kolunun bitiminde boynu etkiler ve bu etki büyük trokantere doğru kaldırıcı kolunun (h) uzaması nedeni ile artar (Şekil 5).



Şekil 5. Femur başını etkileyen güçler
(Pauwels'den).

5 — Femur Üst Ücündaki Fizyolojik Stres :

Femur başında meydana gelen bileşke kuvvetin 2 komponenti vardır (Şekil 6). Birincisi N, femur başı kesitine dik olduğu için femur başını saf kompresyonla stresler. Meydana gelen kompresyon stresi D, yük taşıyan saha üzerine eşit olarak dağılır. Eklem ve femur başında meydana gelen kompresyon stresinin büyüklüğü sadece yüklenmeye değil, kuvvetin nakledildiği yüzeyin büyüklüğüne de bağlıdır.



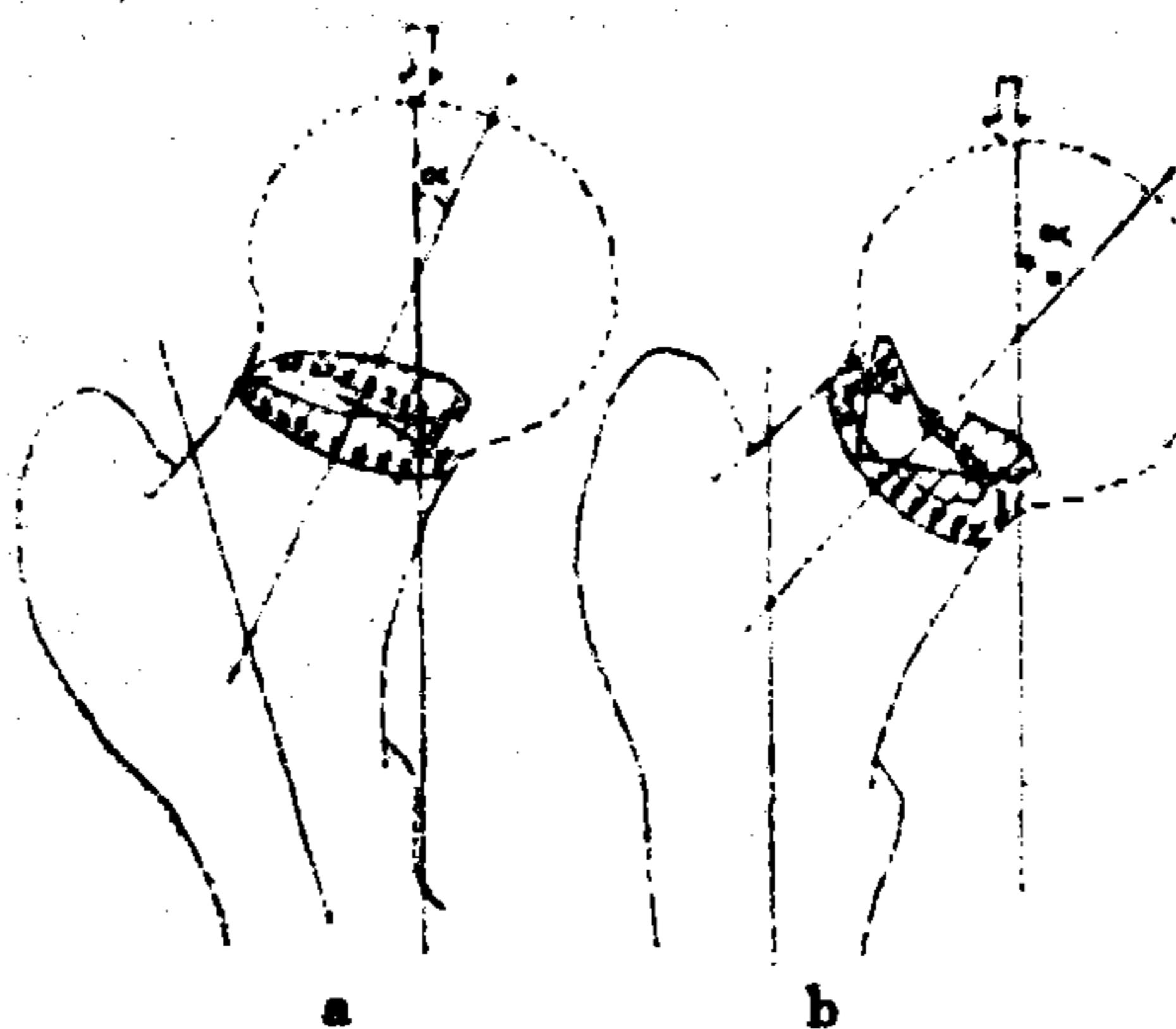
Şekil 6. Femur başında, boyunda ve acetabulumda kompresyon kuvvetinin dağılımı (Pauwels'den).

(Kummer 1969), 5 cm çapındaki femur başı için kompresyon sahasını yaklaşık 9 cm^2 olarak hesaplamıştır. Buna göre 200 Kp 'luk bir yükleme, eklem yüzünde ortalama 22 Kp/cm^2 'lik bir kompresyon oluşturur⁴.

Daha önce bahsedildiği gibi bileşke kuvvet R, boynu eğilme yönünde de etkiler. Buna bağlı olarak da boynun iç yanında büyük (198 Kp/cm^2)'lık D kompresyon stresi, dış yanında da küçük (66 Kp/cm^2)'lık gerilme stresi oluşturur. Bundan başka boynun, başa yakın kesiminde küçük bir (31 Kp/cm^2) makaslama stresi meydana gelir (Şekil 6).

Şekil 7 a'da stanz fazda femur başında ve boynunda oluşan değişik stres tipleri görülmektedir. Şekil 7 b'de ise yine stanz fazda olmasına rağmen, abduktör kas gücünün, yorgunluk ya da hastalık nedeni ile azalması sebebi ile femur başına gelen kompresif yüklenmenin yönü Şekil 7 a'dakine göre çok daha vertikaldır. Bu durumda boynun alt korteksindeki fazla kompresif

stresin yanı sıra, üst kortekste de büyük bir gerilme stresi oluşur². Bu gerilme ve aşırı yüklenmeye bağlı olarak yorgunluk kırığı ortaya çıkabilir.



Şekil 7 a, b. Femur boynunda abduktör kas yetersizliğine bağlı gerilme stresi oluşumu (*Frankel'den*).

Pauwels'in teorik çalışmaları ve Rydell'in yaptığı deneyler femur başına etki eden R gücünün özel durumlardaki miktarını belirlemeye yardımcı olmuştur. Bu değer kişinin vücut ağırlığı P'ye göre verilmiştir³.

Dinlenme ve iki ayak üzerinde dururken	: R : P 3
Dinlenme ve tek ayak üzerinde dururken	: R : 2,5 - 3 P
Yürüken	: R : 4 - 4,5 P
Merdiven çıkışken	: R : 6 - 8 P
Tek ayak üzerinde dururken ve diğer elde bir destekle	: R : 0,8 - 1,2 P
Tek ayak üzerinde dururken ve aynı elde bir destekle	: R : 1,5 - 2,5 P
Hasta yatarken, diz ekstansiyon, kalça fleksiyonda	: R : 1,5 P
Hasta yatarken, diz fleksiyon, kalça 30° fleksiyonda	: R : P
Hasta otururken	: R : çok zayıftır.

KAYNAKLAR

1. Chochran, G., Van, B. : A primer of orthopaedics biomechanics. Churchill-Livingstone Comp. New York, Edinburgh, London and Melbourne, 1982.
2. Frankel, H.V. : Surgery of the Hip. Lea and Febiger Philadelphia, 1973.

3. Kempf, I., Jaeger, J.H., Freund, J., Renault, D., Ritar, S., Konsbruck, R., Butel, J., Fanre, C., Bonnel, F. : Aspects mécaniques de l'ostéosynthèse des fractures du col du fémur. Étude comparative des différents moyens d'ostéosynthèse. *Revue de chirurgie Orthopédique*, 67 : 59-69, 1981.
4. Pauwels, F. : Biomechanics of the normal and diseased Hip. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1976,

Ayrı baskı için :

Dr. Osman Uğur Çalpur
Trakya Üniversitesi
Tıp Fakültesi Ortopedi ve
Travmatoloji Anabilim Dalı