

LOMBER BÖLGE BİYOMEKANİĞİ

Dr.Hakan BOZKUŞ



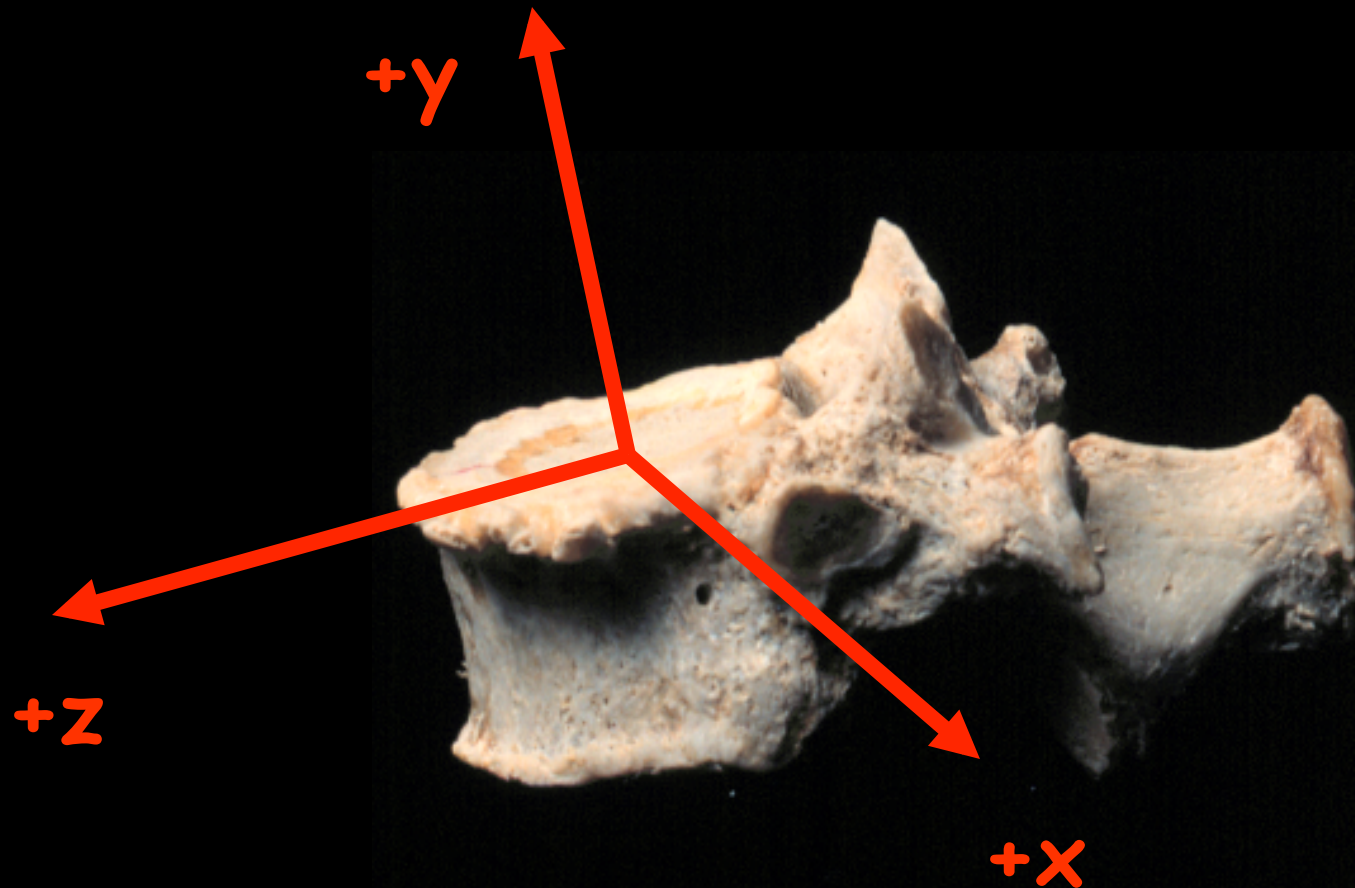
VKV Amerikan Hastanesi



İTÜ Fen Bilimleri Estitüsü

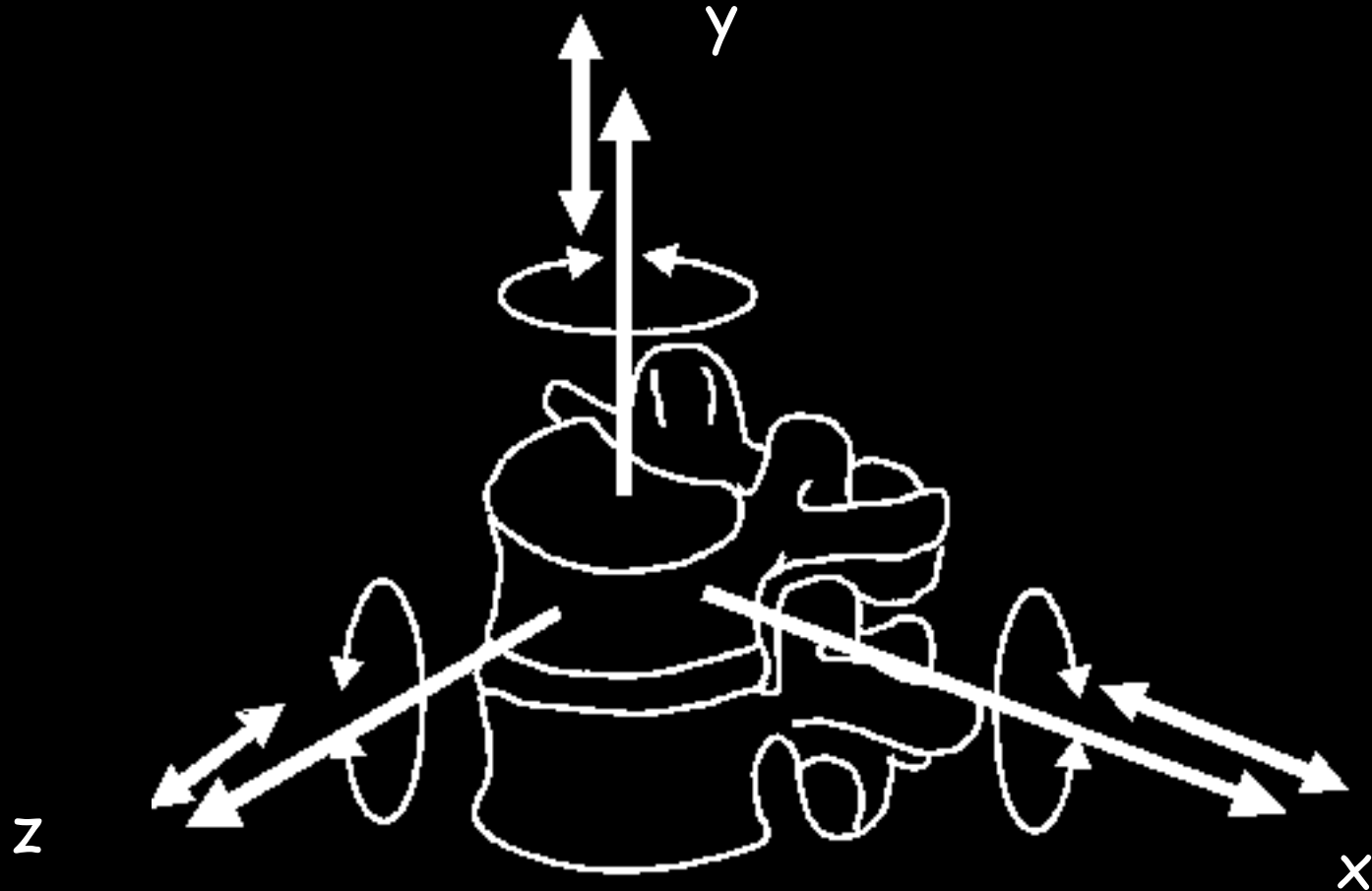
LOMBER HAREKET ARALIĞI

Eksen Takımı



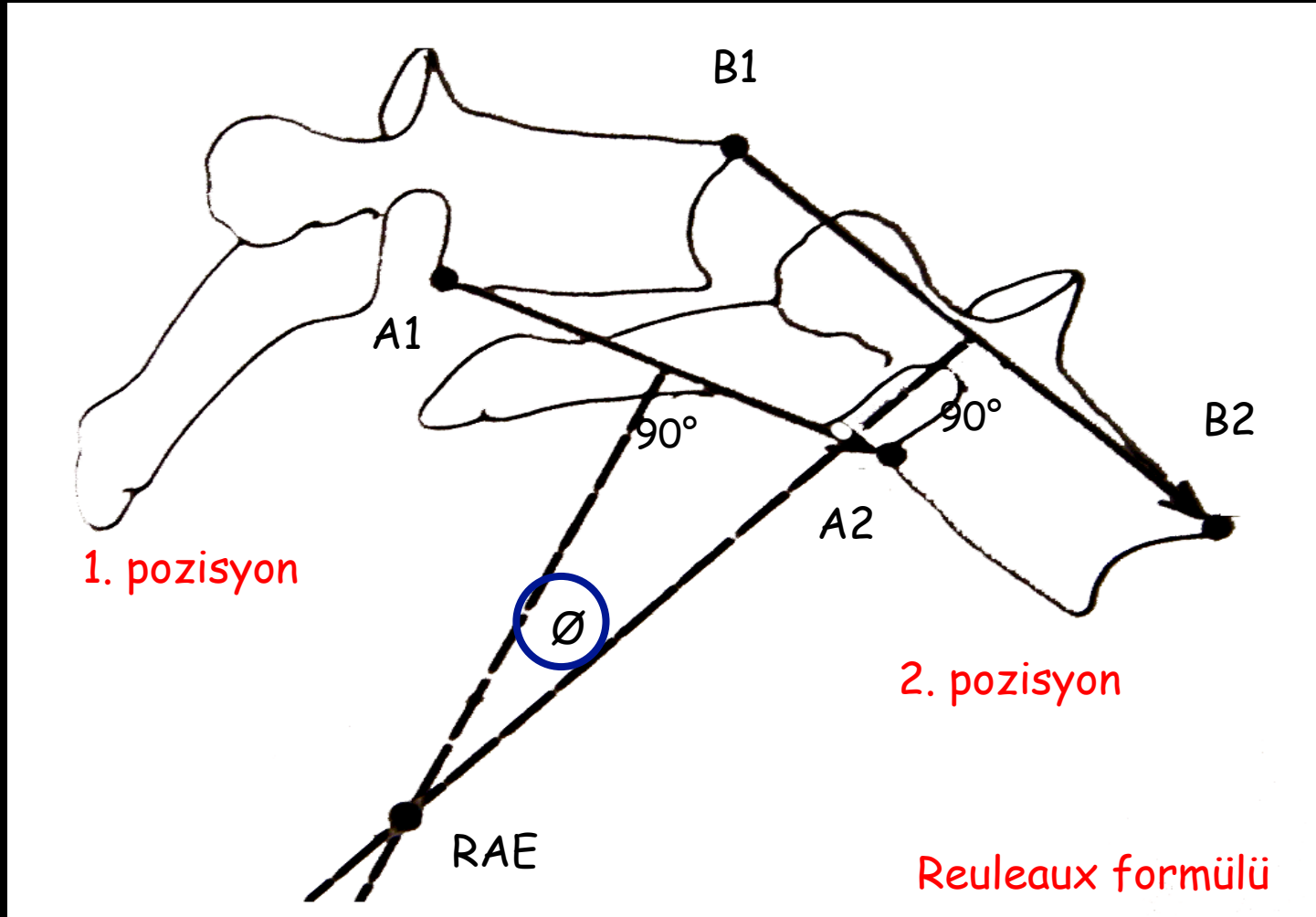
Hareket Aralığı

6 yönde hareket serbestliği



Tek Planda RAE ?

2 translasyon vektörü, 1 rotasyon açısı

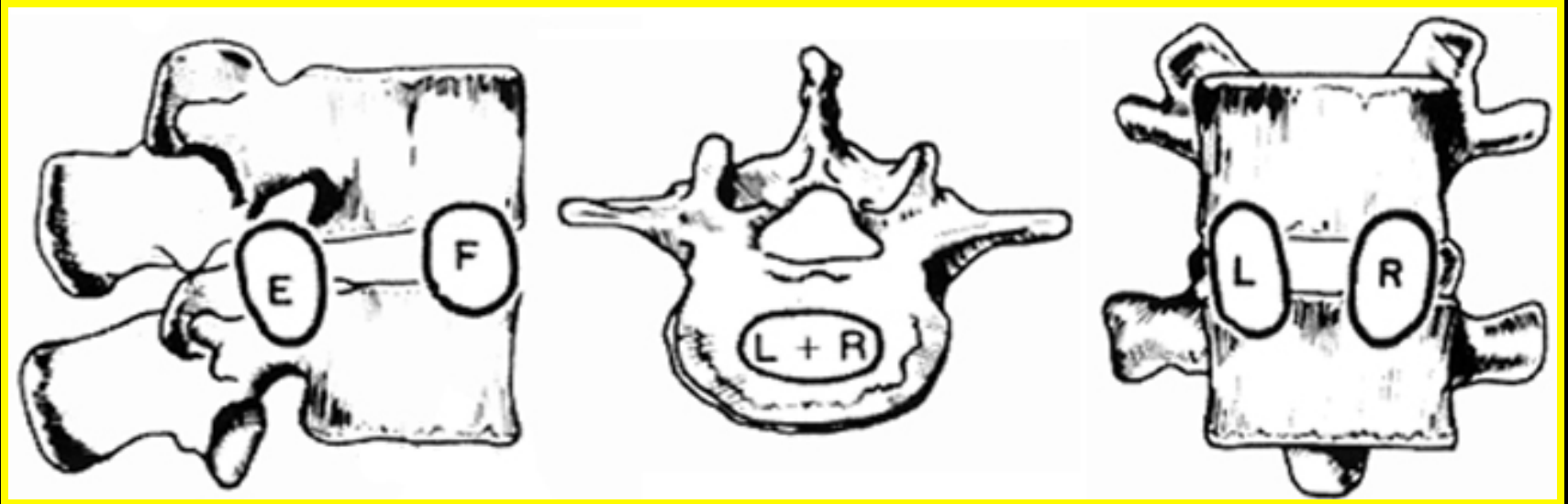


Rotasyonun Anlık Eksen

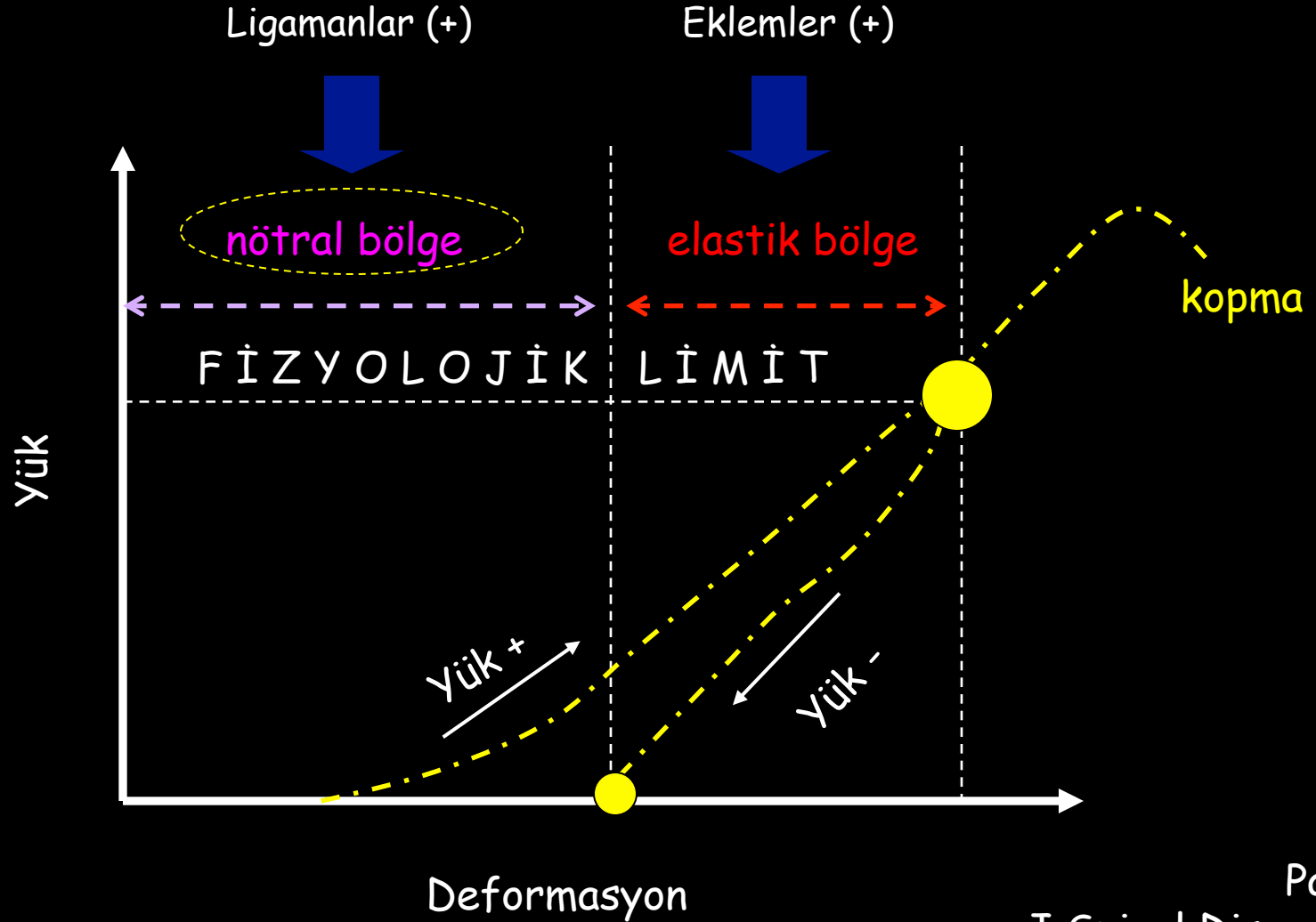
Sagittal plan

Aksiyal plan

Koronal plan

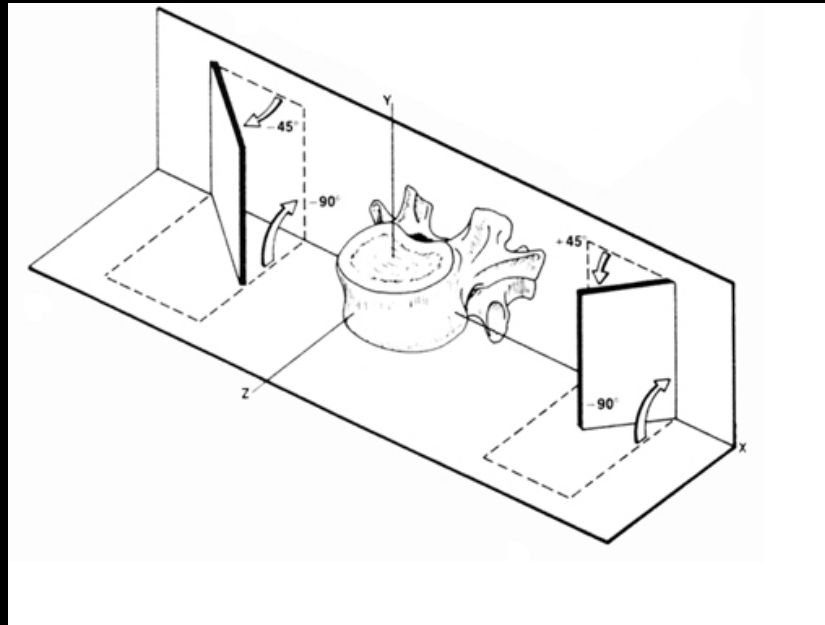


Hareket Aralığı (ROM)



Fasetler ve Açıları

Sagittal oryantasyon



xz plan

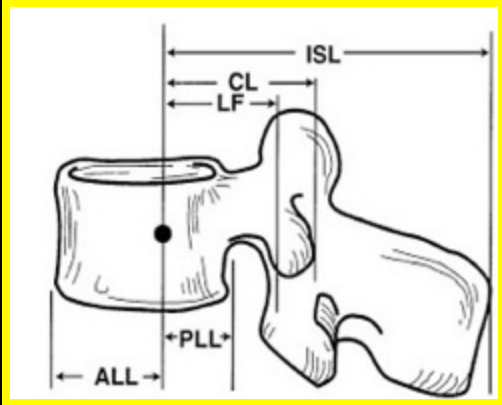
xy plan

-90

-45

White III AA, Panjabi MM, 1990

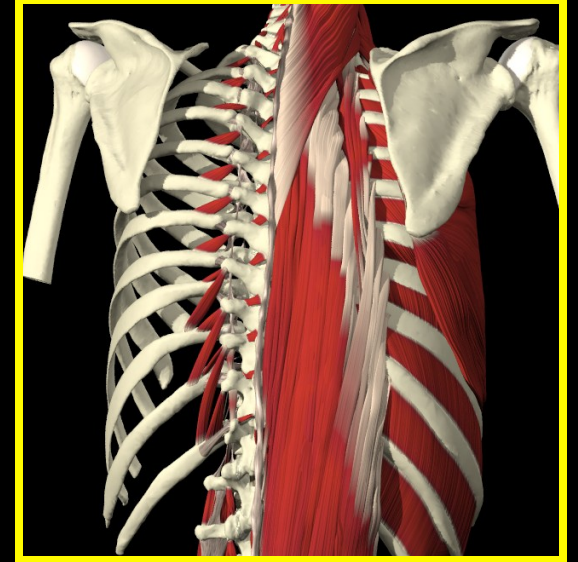
Hareketi Saęlayan Yapılar



Ligamanlar



İntervertebral disk



Adaleler

Lomber Hareket Aralığı (°)

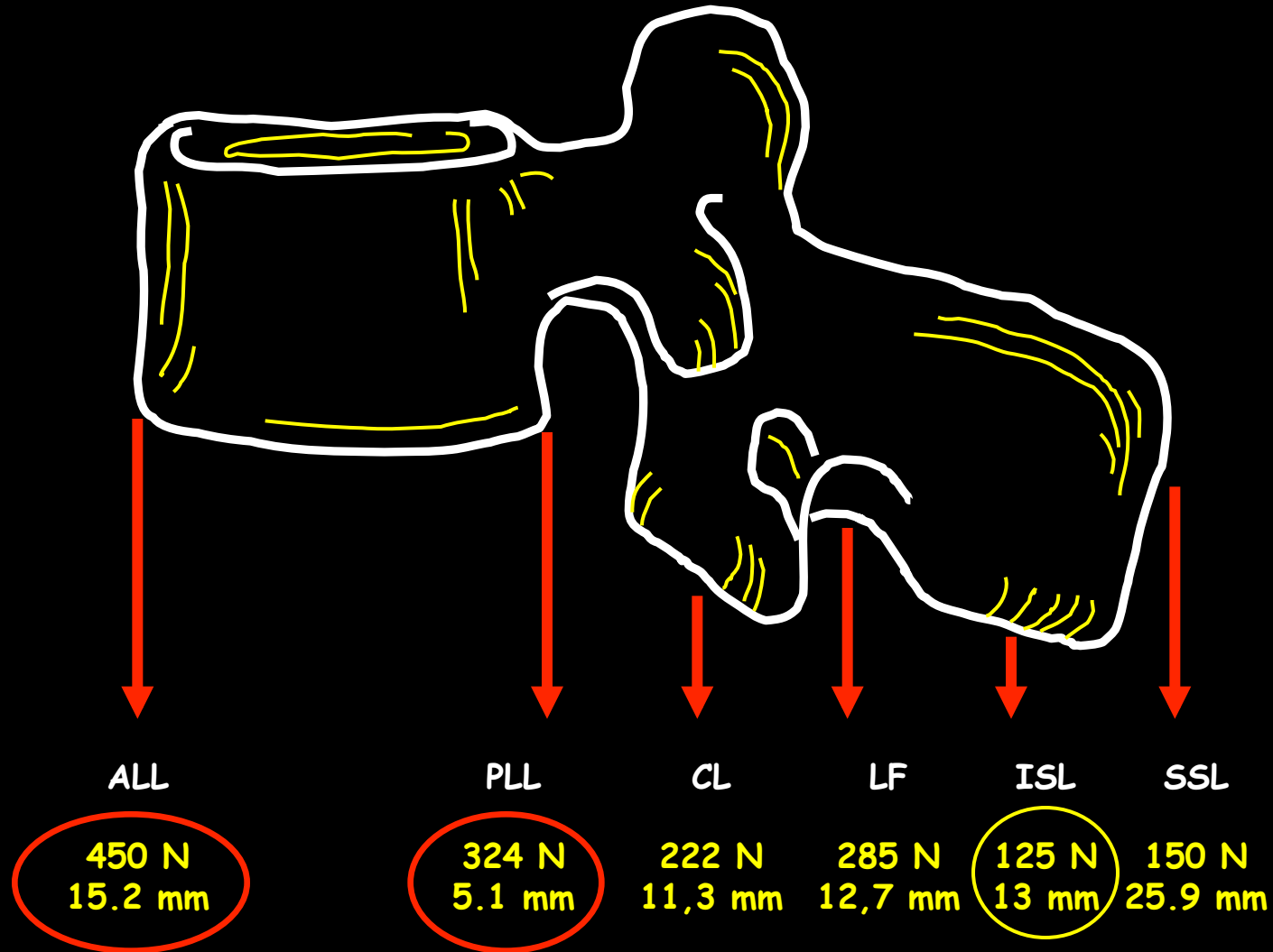
Segment	Fleksiyon + Ekstansiyon (°)	Tek taraflı Lateral Bending (°)	Tek taraflı Aksiyal Rotasyon (°)
L1-2	12	6	2
L2-3	14	6	2
L3-4	15	8	2
L4-5	16	6	2
L5-S1	17	3	1

LOMBER YAPILARIN DAYANIMI

Ligamanların Dayanımı

- Çekme yüklemesi

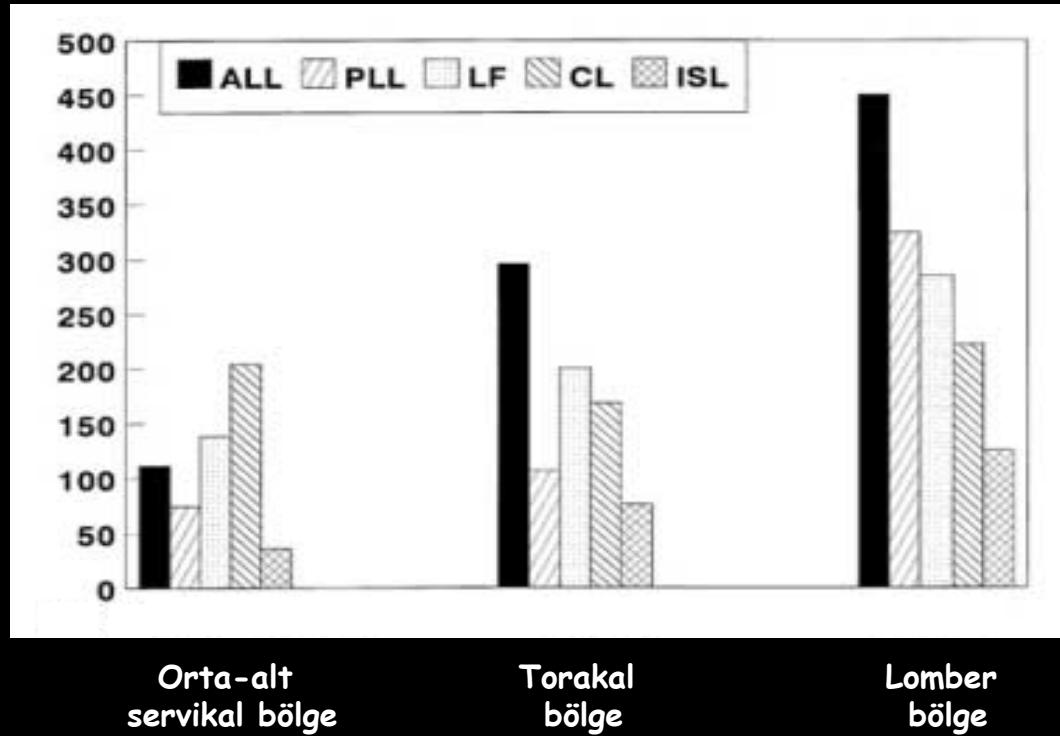
Ligamanların Dayanımı



Kopma dayanımı (N), Deformasyon (mm)

Ligamanların Dayanımı

Newton



ALL > PLL > LF > CL > ISL

Ligamanların Dayanımı

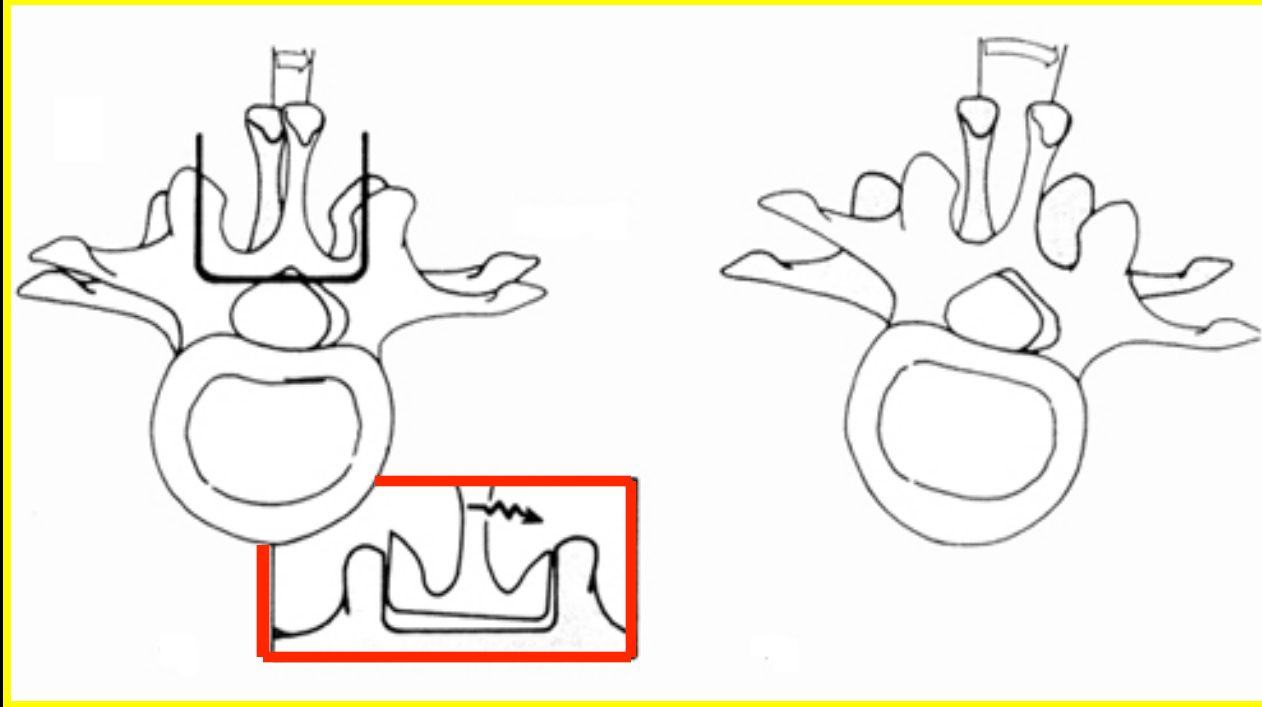
- Lomber fleksiyonun %70'i ligamanlar tarafından sağlanmaktadır.
- Hiperfleksiyonda ilk hasar ISL'de olur
- Mutlak hasar 120 Nm eğilme momenti ile oluşur.

Fasetlerin Dayanımı

Sagittal oryantasyon

- Fleksiyon/ ekstansiyon hareketi kolay,
- Aksiyal rotasyon zor.

Tek Taraflı Faset Hasarı



Aksiyal rotasyon kolaylaşmaktadır.

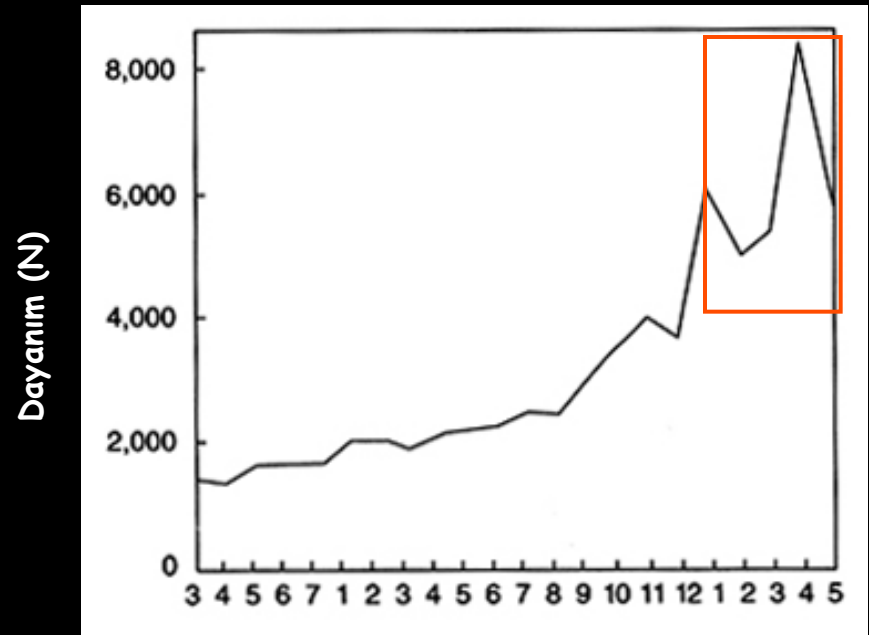
Vertebra Cismi Dayanımı

- Basma yüklemesi
- Çekme yüklemesi

Korteksin Dayanımı

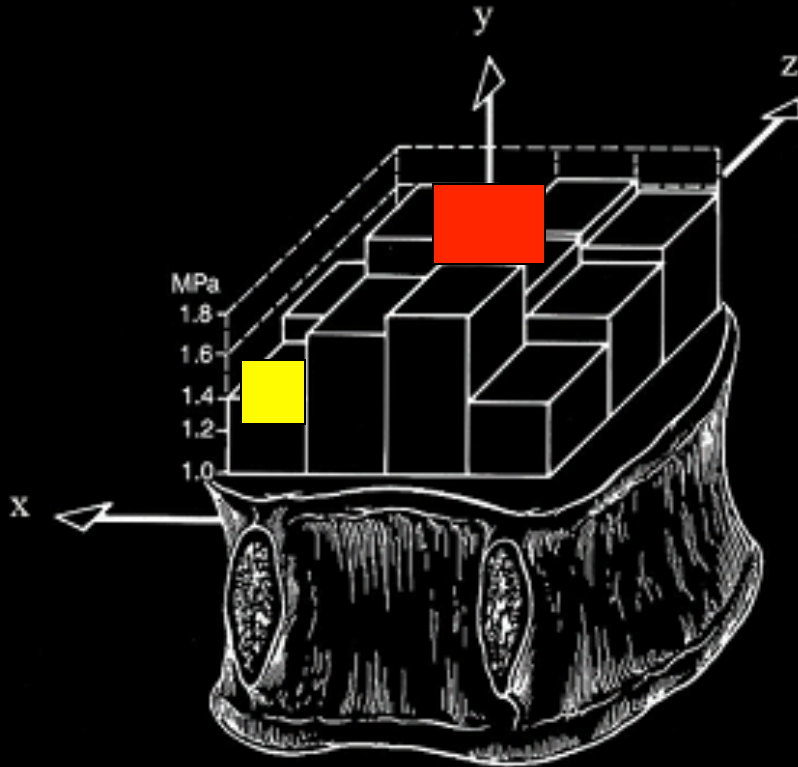
- Statik basma yüklemesine dayanım (N)

L1	6000
L2-3	5500
L4	8000
L5	6000



Mesafeler

Spongioz Bölümün Dayanımı



Basma yüklemesine dayanım;

En fazla → ORTA

En az → ARKA YAN

$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ kg/cm}^2$$

Vertebra Cismi Dayanımı

Çekme yüklemelerinde ilk hasar vertebra-endplate bileşkesinde oluşur.

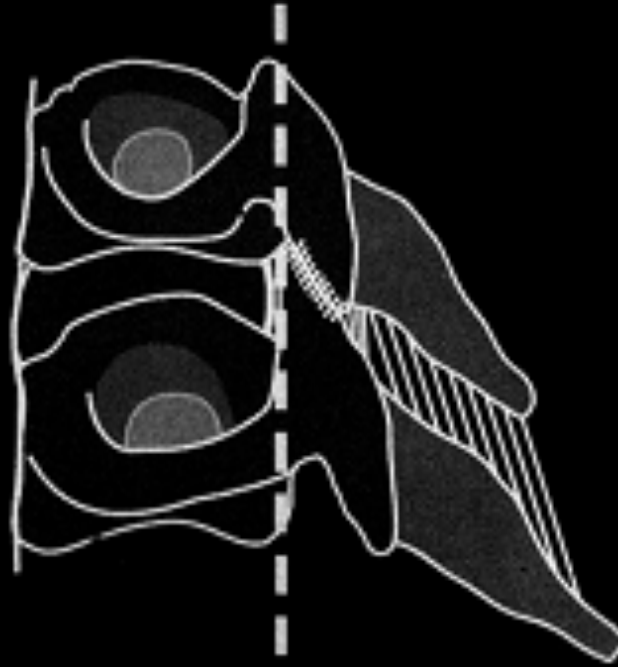
Vertebra Cismi Dayanımı

Tekrarlayan yüklemeler ile dayanım azalır.

İlk dayanımın %50 azalması 5000 siklus sonrasında oluşmaktadır.

LOMBER STABILITE

İki Kolon Teorisi

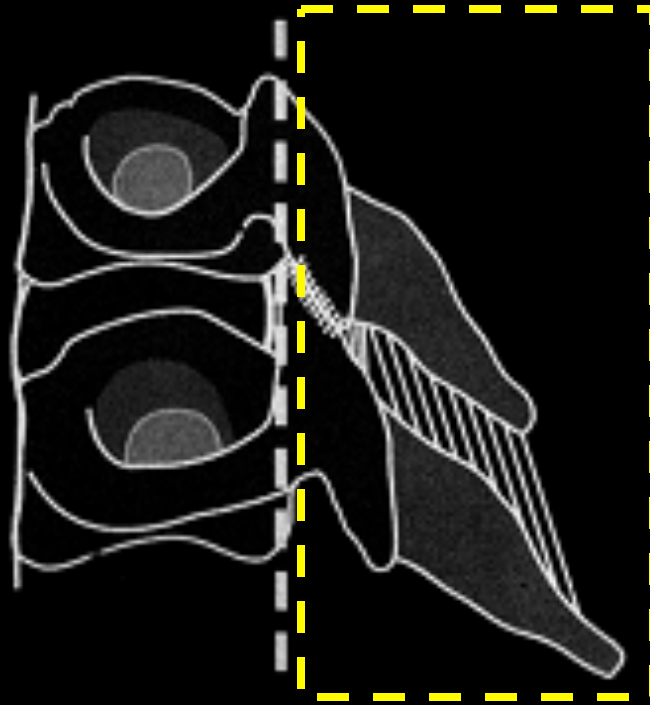


Ön

Arka

Holdsworth, 1963

İki Kolon Teorisi

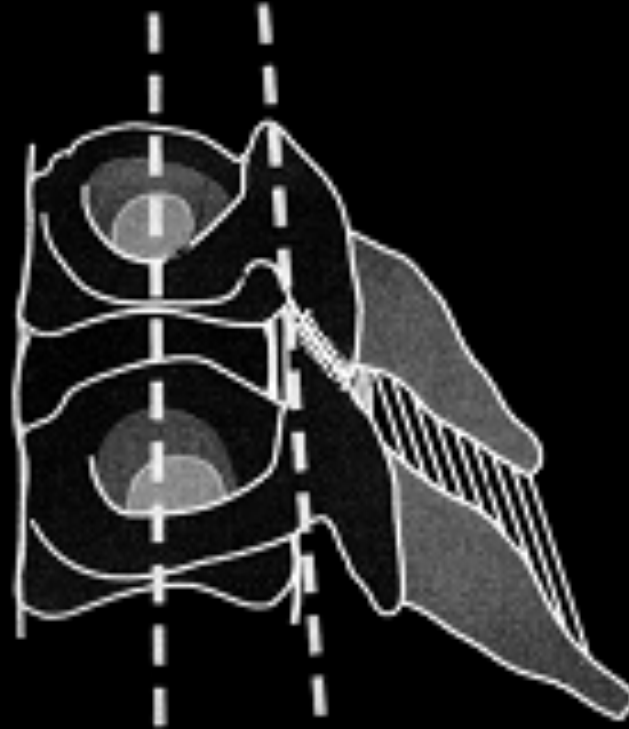


Ön

Arka

Holdsworth, 1963

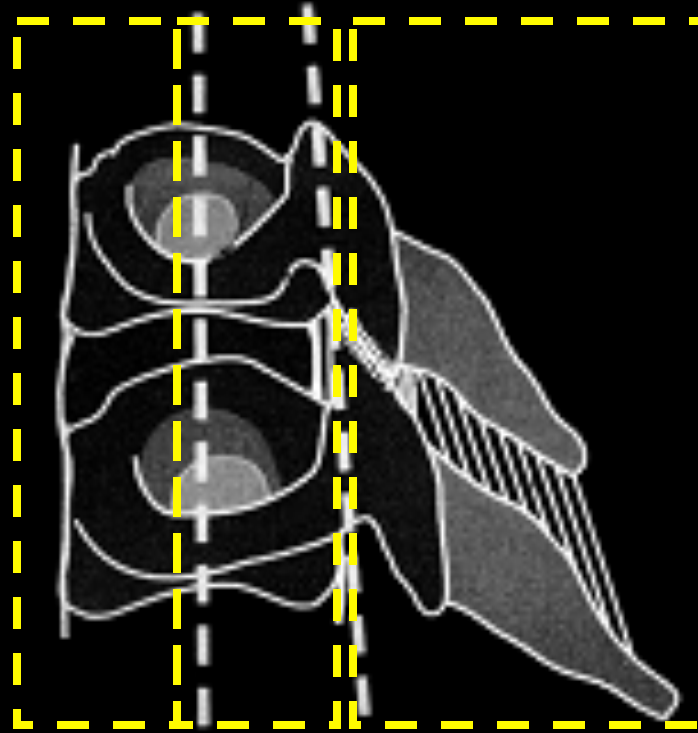
Üç Kolon Teorisi



Ön Orta Arka

Denis, 1984

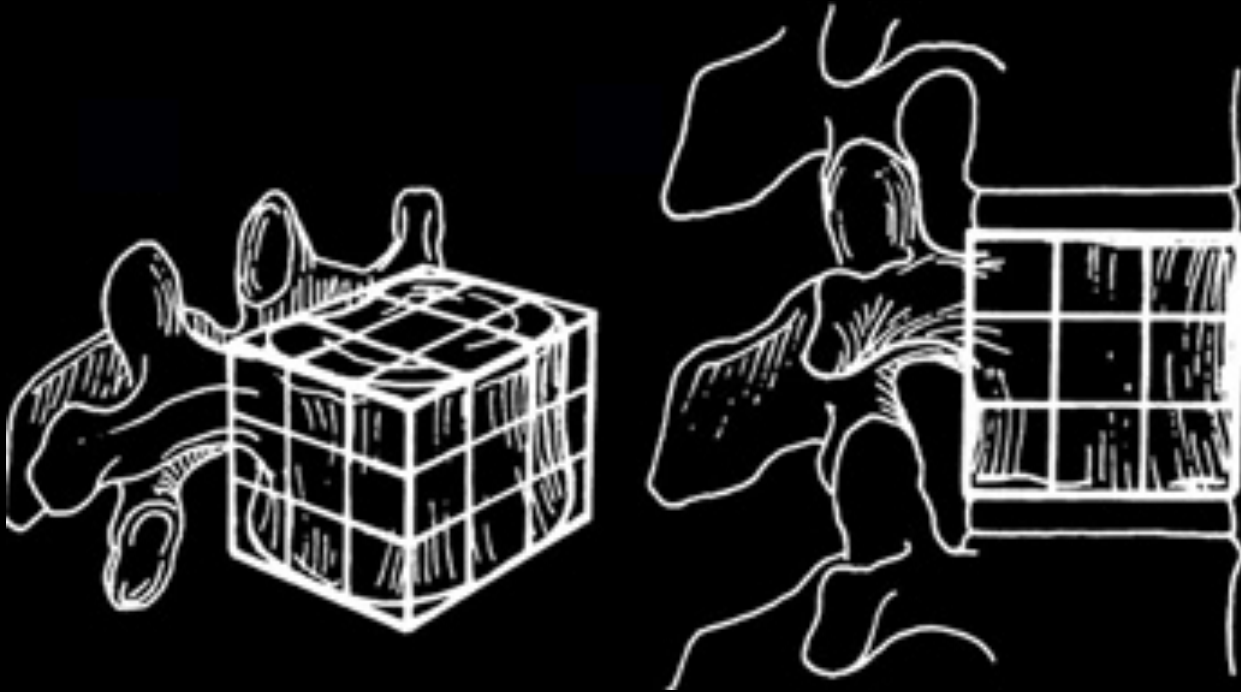
Üç Kolon Teorisi



Ön Orta Arka

Denis, 1984

27 K p Teorisi



Aksiyal ve Sagittal Plan Stabilite



İnstabil



Stabil

Koronal Plan Stabilitet



Stabil



Stabil



Stabil

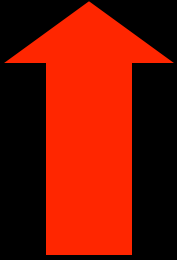


LOMBER DISK BIYOMEKANIĞI

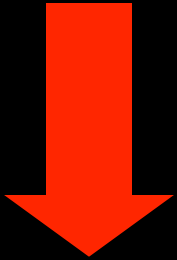
Basmaya cevabı

- Basma (kompresyon) testlerinde diskin düşük yüklerde fleksibl olduğu ancak büyük yük değerlerinde stabiliteyi arttırmak için katı şekilde davrandığı görülmektedir.

Disk Davranışı



YÜK



DİSK SERTLİĞİ

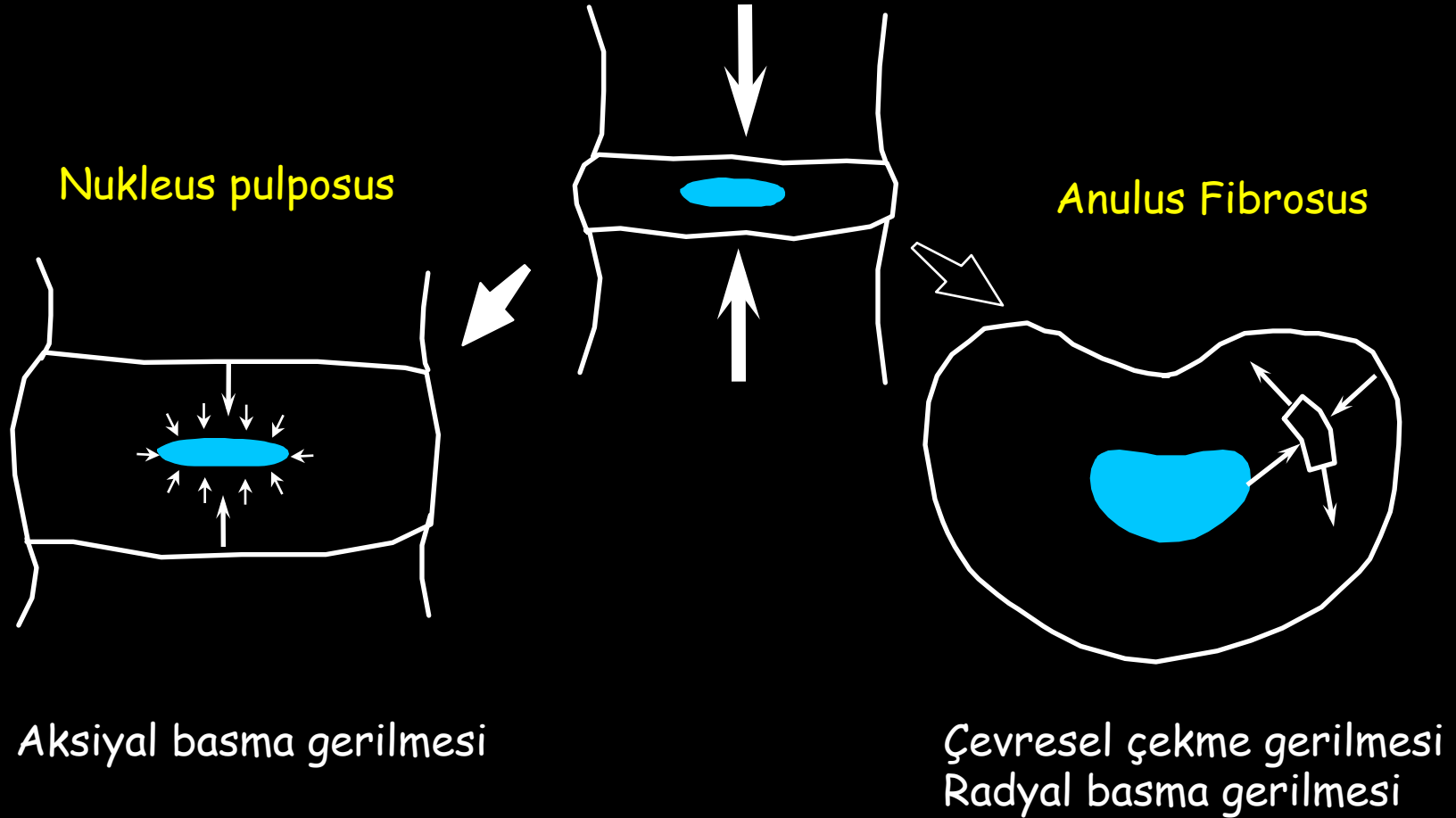


Çekmeye cevabı

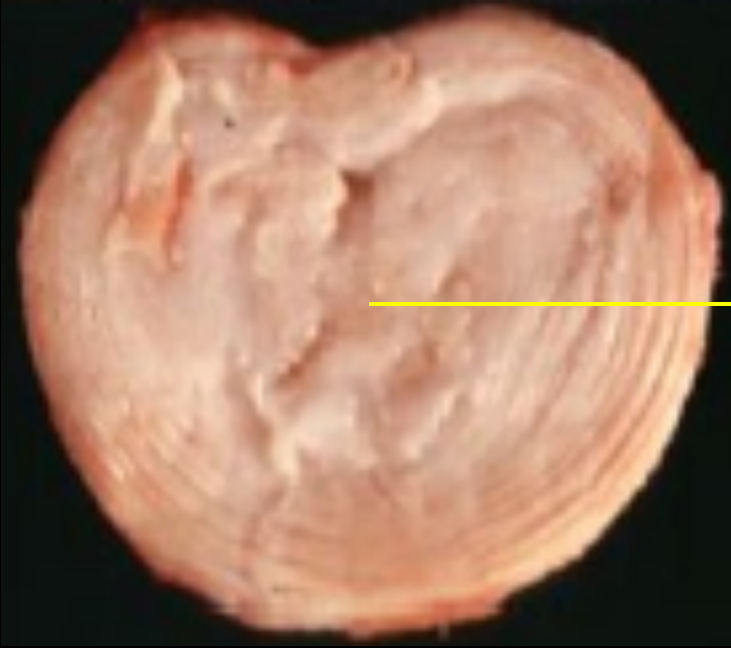
Günlük aktivite sırasında **nukleusun** çekme (tensil) yüklerine maruz kalması nadirdir.

Buna karşın **anulus** çekme yüklerine daha sık maruz kalmaktadır.

Disk İçerisinde Statik Basma Yüklemesi



Nukleusun Dayanım Gücü



Yüksek Basma
Gerilmesi Dayanımı

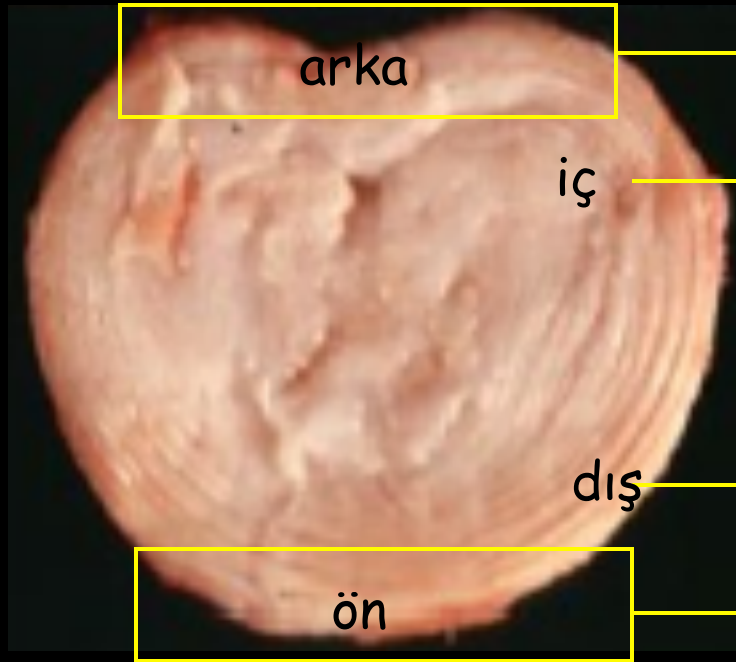
0.7-2.5 MN/m

Düşük Çekme
Gerilmesi Dayanımı

0-0.3 MPa

Nukleusda su ve proteoglikan içeriği

Anulusun Dayanım Gücü



Düşük Çekme
Gerilmesi Dayanımı

0.3- 0.7 MPa

Yüksek Çekme
Gerilmesi Dayanımı

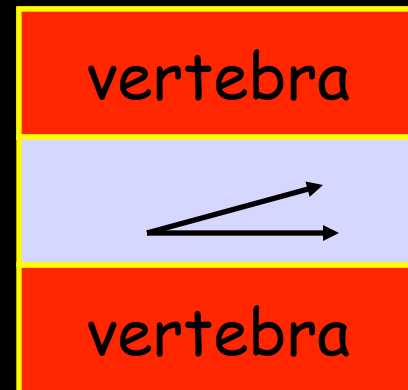
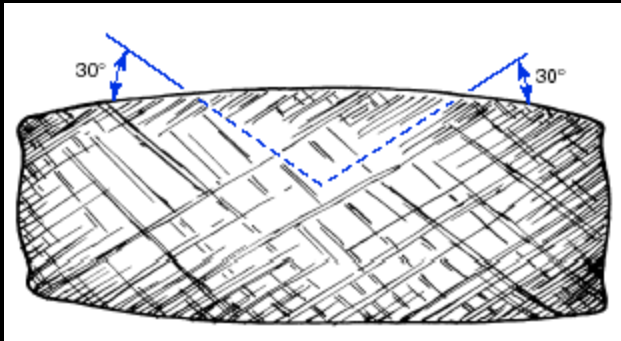
0.7- 1.4 MPa

Dış anulus **Tip I** kollojen- İç anulus **Tip II** kollojen

Anulusun Fleksibilitesi

Disk planının 15° açı yapan anulus lifleri düşük fleksibl özellikte (sert lifler)

Disk planına paralel olan lifler yüksek fleksibl özellikte



15°

Disk Dayanımı

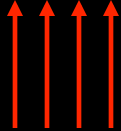
	Max.yük	Dayanım
Basma	4500 N	2.5 MN/m
Çekme	1800 N	1.0 MN/m
Kayma	150 N	0.26 MN/m
Burulma	31 Nm	2.0 Nm/derece

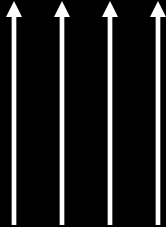
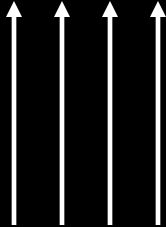
Statik Konumda Disk İçerisinde

NEDEN + intradiskal basınç ?

- Nukleus pulposus içerisinde hidrostatik basınç
- Ligaman, adale ve anulus fibrosus çekme gerilmeleri

Yükleme Durumunda Disk İçi Yük Dağılımı

+ intradiskal basınç 

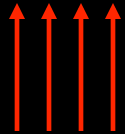
- Anulus fibrosusda çekme gerilmeleri 
- Nukleus pulposusda katılaşma (stiffness) 

Sabit Yükleme Etkisi

Viskoelastik özellik !

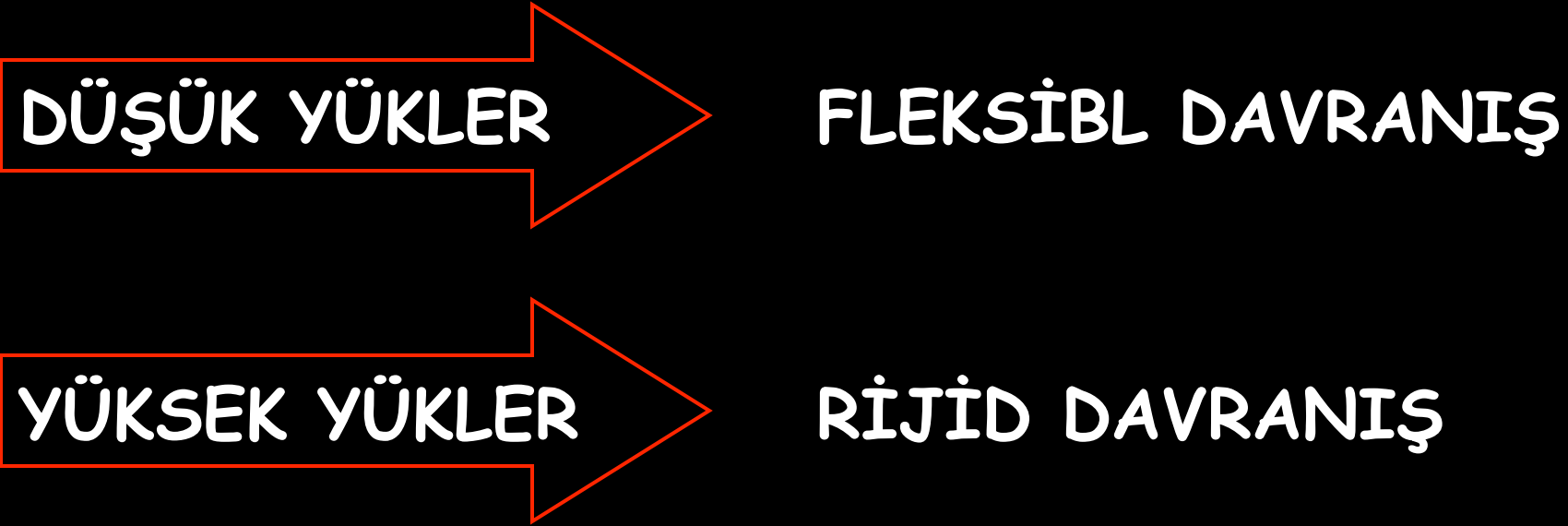
- Disk içerisinde zamana bağımlı deformasyon
(creep davranışı)
- Plastisite sınırı aşıldığında kalıcı deformasyon

Diske Olan Yükleme Devamında

Osmotik basınç 

- Diskin sıvı içeriği azalmakta
- Proteoglikan konsantrasyonu artmakta

Bifazik Davranış



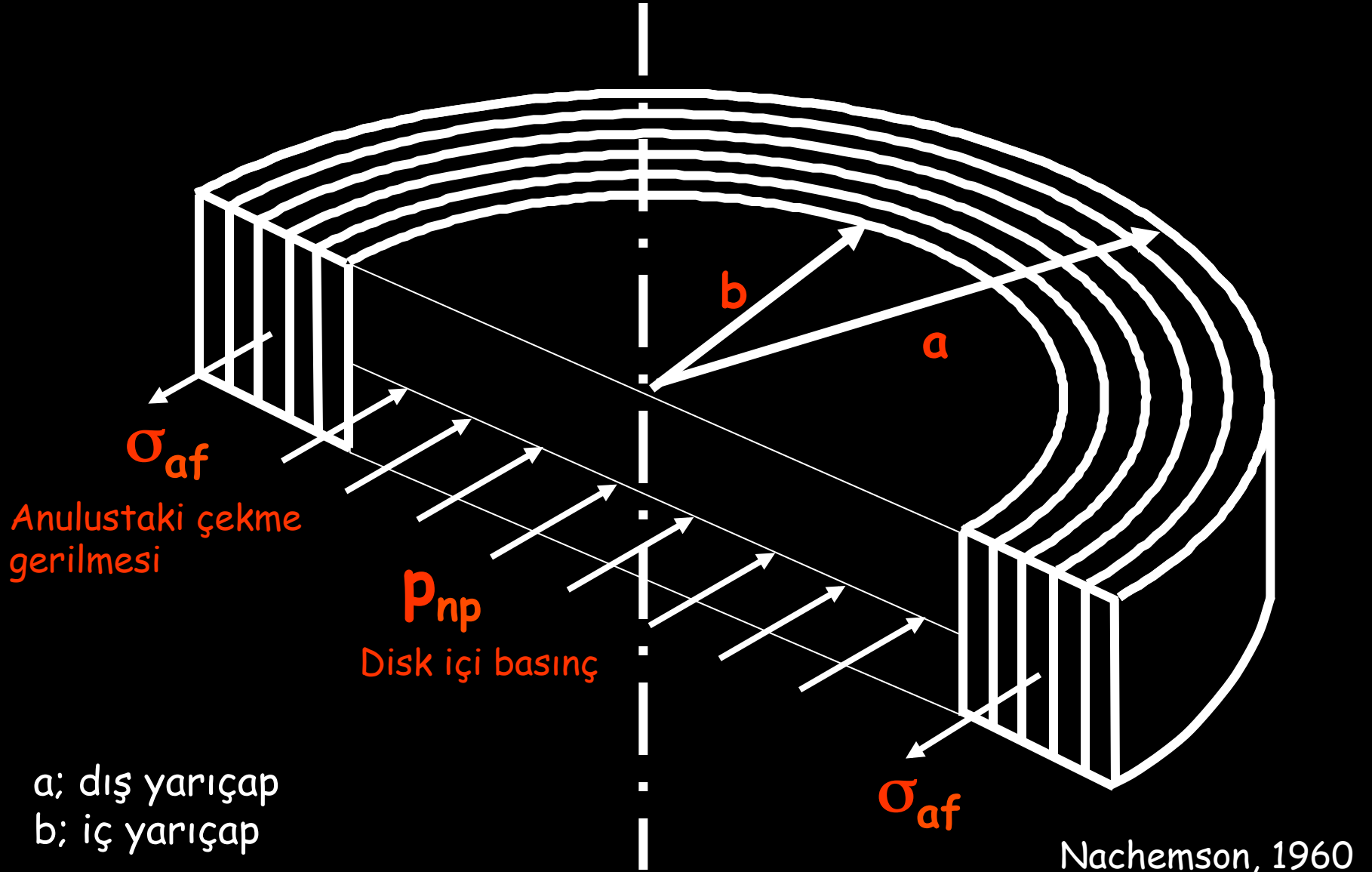
DÜŞÜK YÜKLER

FLEKSİBL DAVRANIŞ

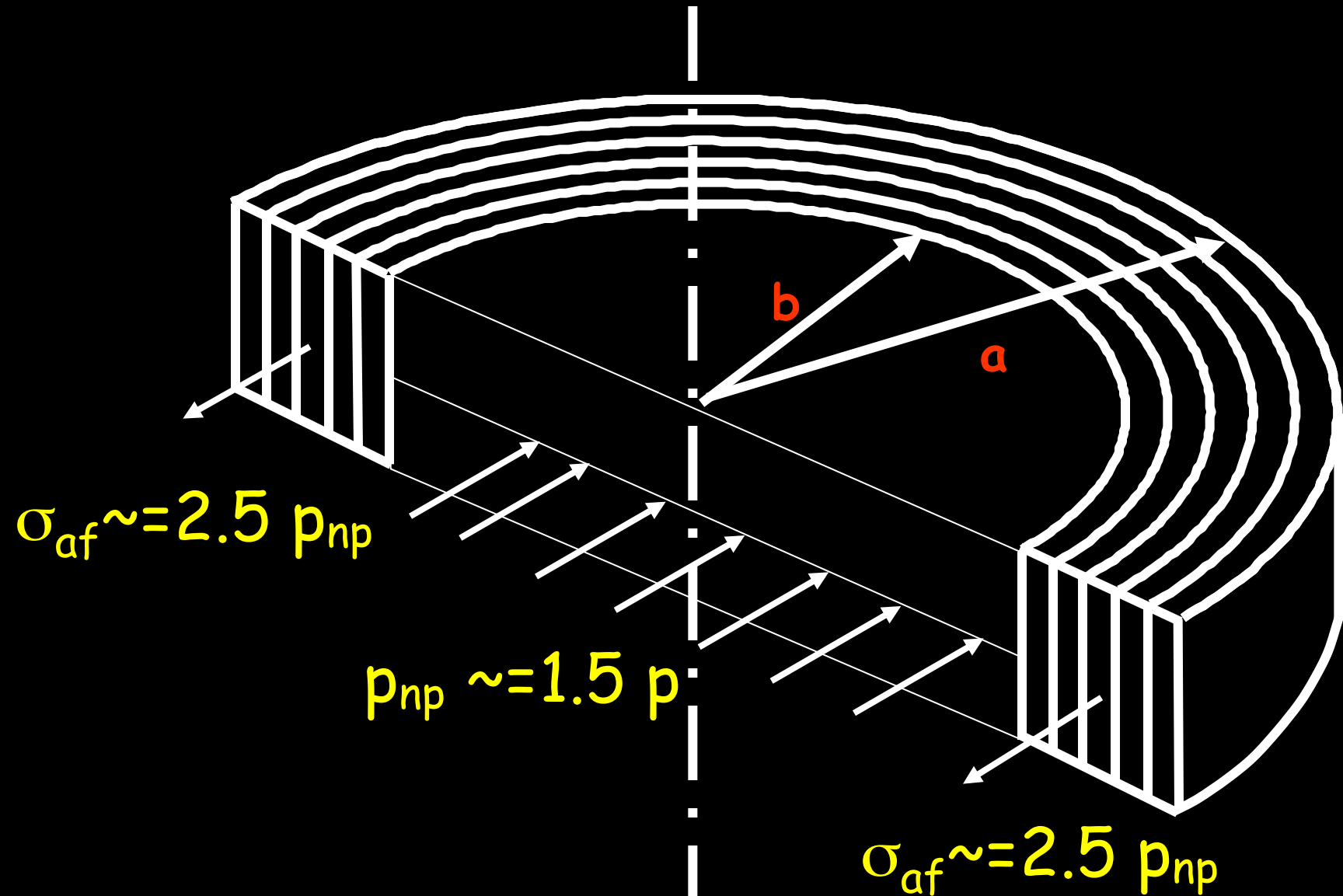
YÜKSEK YÜKLER

RİJİD DAVRANIŞ

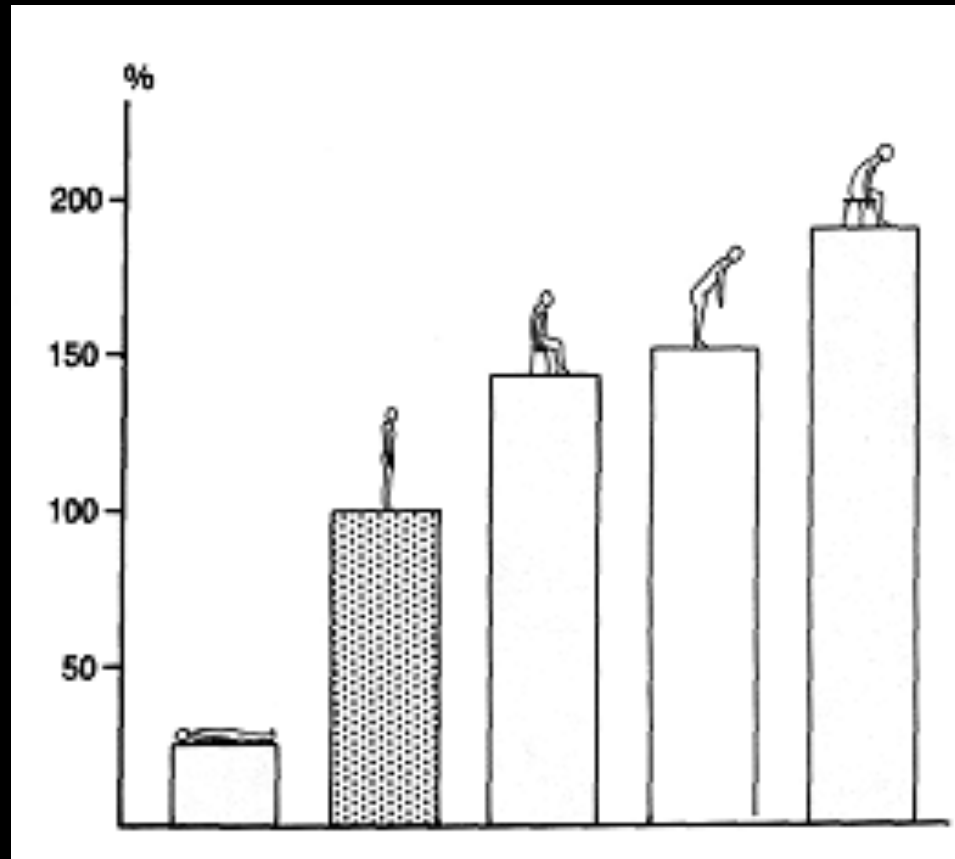
Basit Basınç Modeli



Basit Basınç Modeli

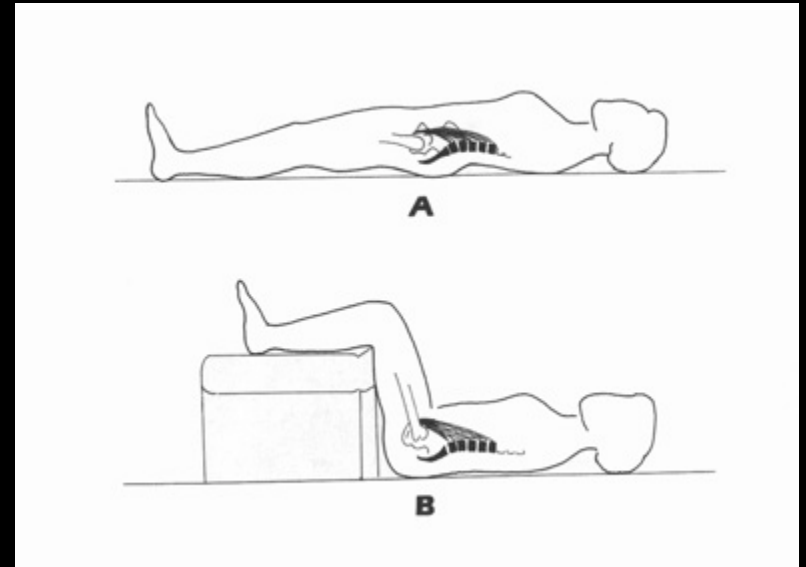
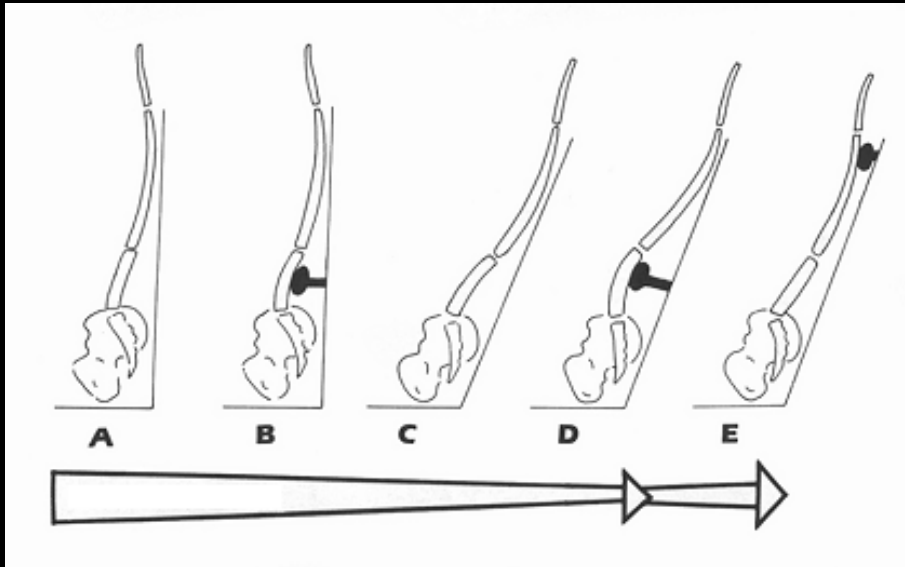


İntradiskal Basiç



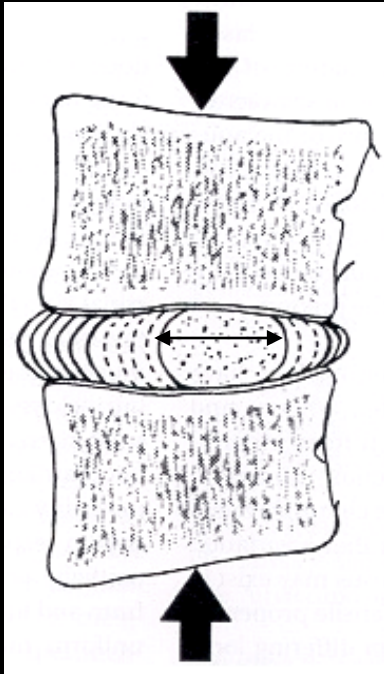
Nachmenson, 1966

Ergonomik Olarak Disk Basıncı ?

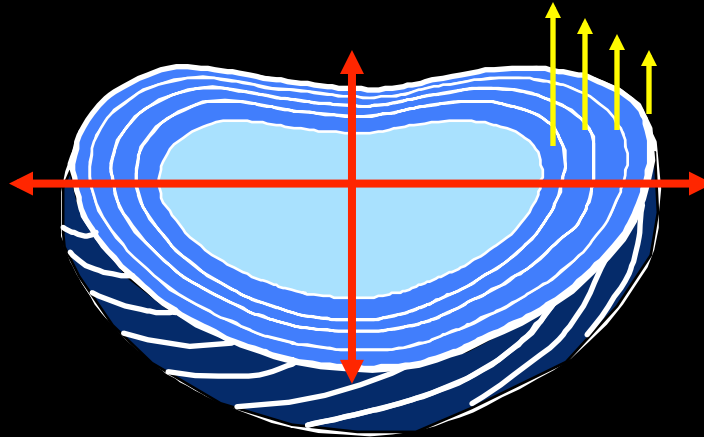


Disk basıncı

Aksiyal Basma Yüklemesi



- Nukleus horizontal olarak genişler
- Anulus liflerinde çekme gerilmeleri oluşur
- İç anulus liflerindeki çekme gerilmesi dış anulus liflerinden daha fazla olur
- End-plate'de basma gerilmesi olur

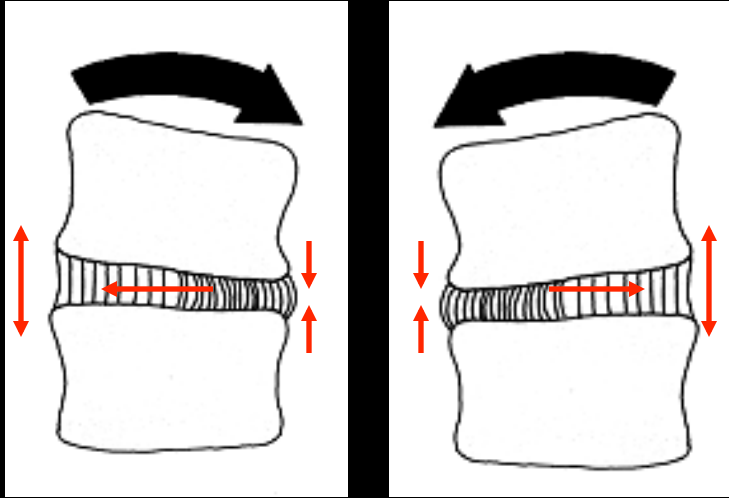


Aksiyal Basma Yüklemesi

FİZYOLOJİK LİMİTLERİ AŞTIĞINDA !

- İlk hasar vertebra end-plate'lerinde oluşur
- Anulus liflerinde direkt hasar oluşmaz

Eğilme Momenti (Fleksiyon, Ekstansiyon, Lateral Bending)

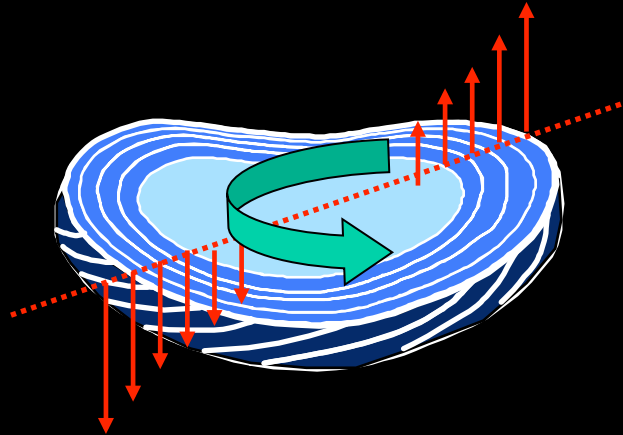


- Anulus lifleri basmanın olduğu tarafta basma gerilmelerine, karşı tarafta çekme gerilmelerine maruz kalır
- Nukleus, fleksiyonda arkaya ekstansiyonda öne doğru yer değiştirir

Burulma Momenti

(Torsiyon testi)

- Normal disk dokusunda 20 derecelik bir tork açısında hasar oluşmaya başlar.
- Torsiyonel yükleme sırasında oluşan kayma gerilmeleri diskin merkezinde düşük, periferde yüksek değerlerdedir.



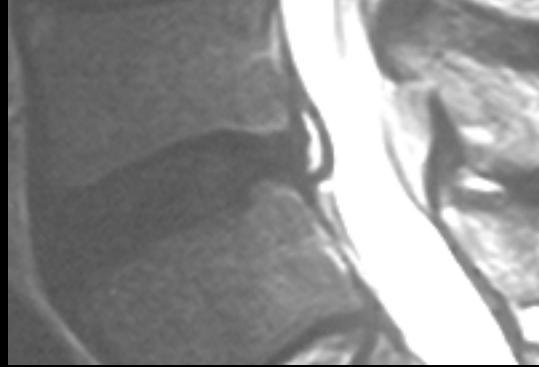
Burulma Momenti (Aksiyal torsiyon)

PÜR AKSİYAL TORSİYON ANULUS
LİFLERİNDE HASAR OLUŞTURMAZ !

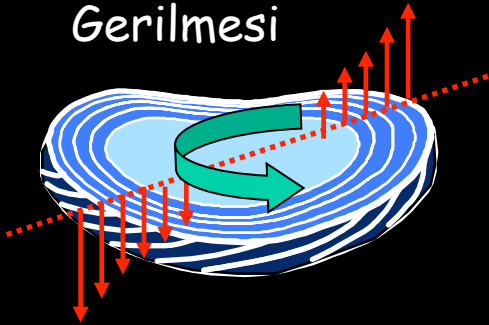
- Beraberindeki basma kuvveti anulus liflerinde hasar oluşturur

Anulus Hasarı

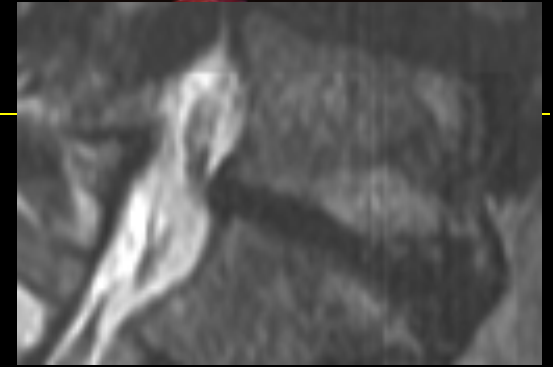
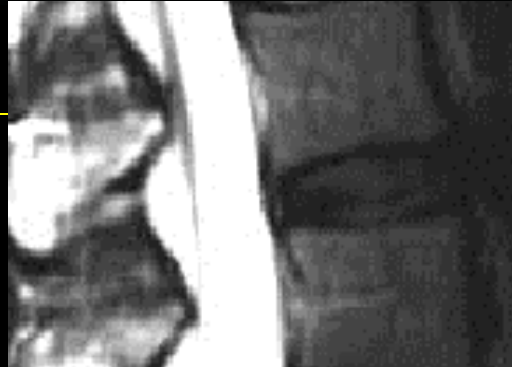
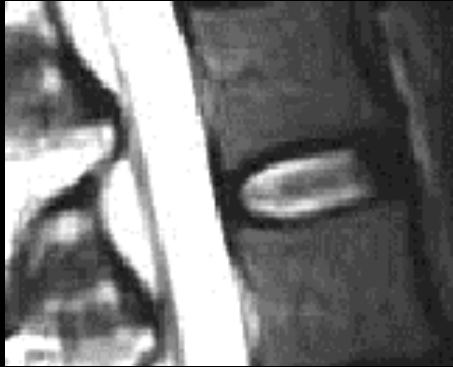
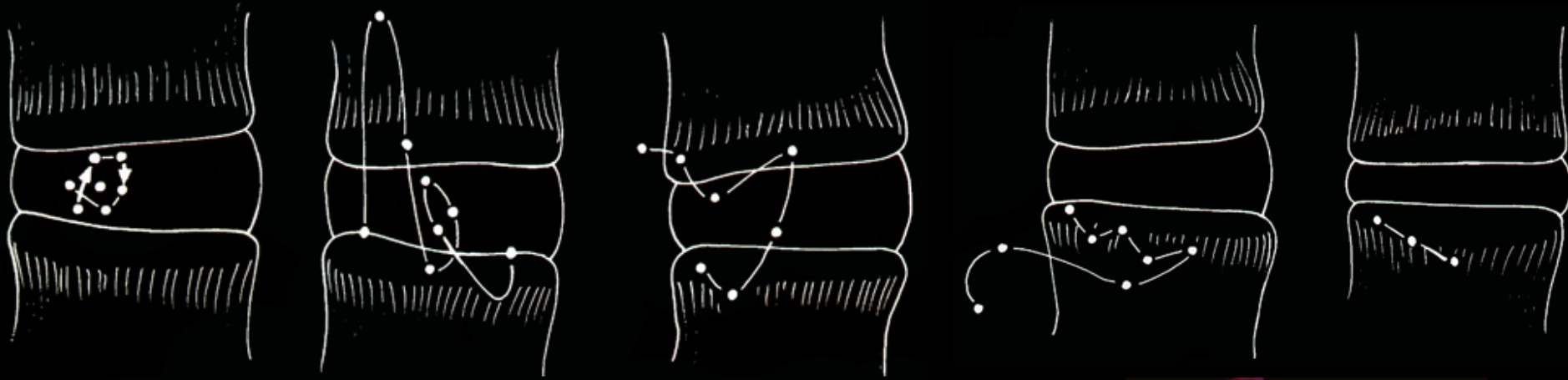
Düşük Çekme
Gerilmesi Dayanımı



Yüksek Kayma
Gerilmesi

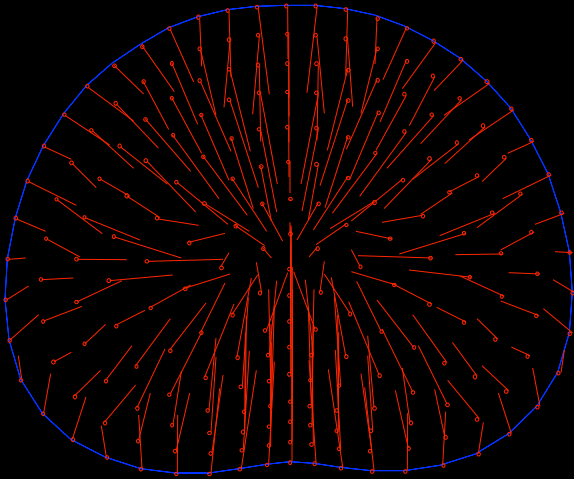


Sagittal Planda Rotasyonun Anlık Eksenini

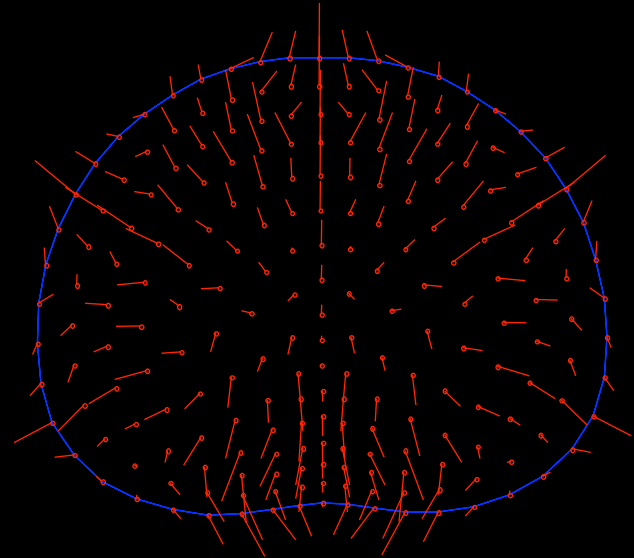


Sıvı Vektör Yönü

Normal



Dejenere

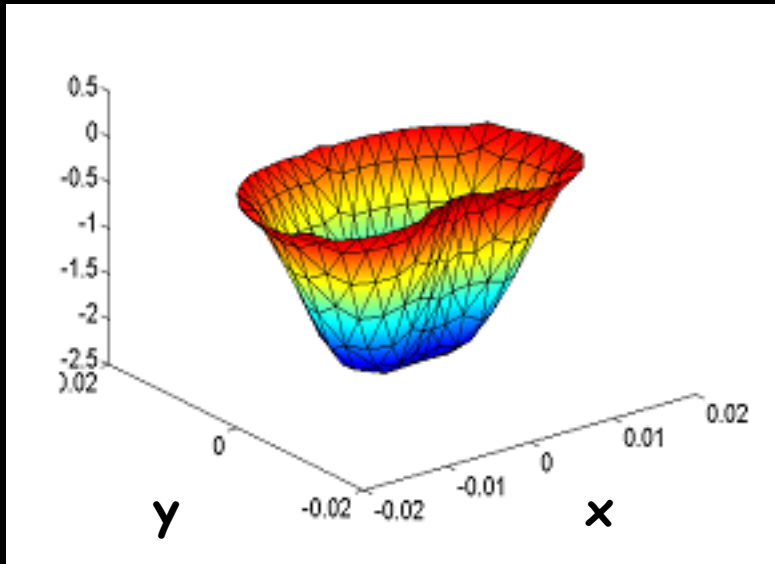


İntradiskal Sıvı Gerilmesi

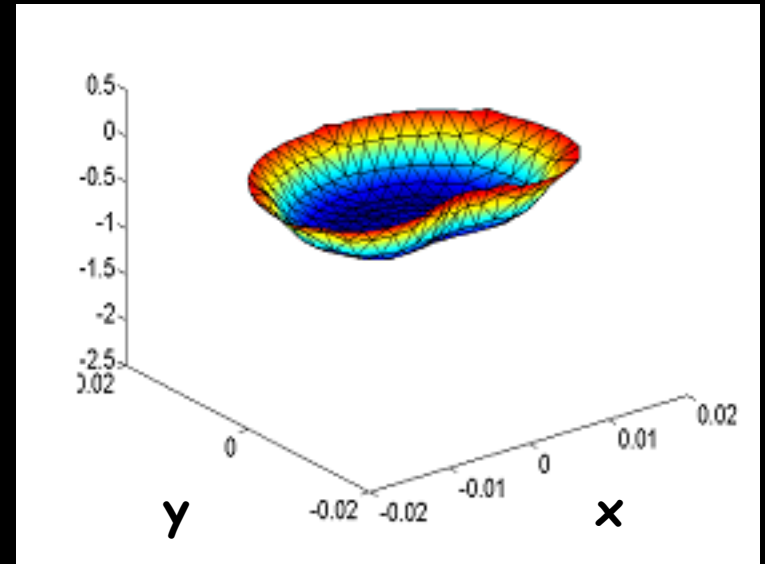
Normal

Dejenere

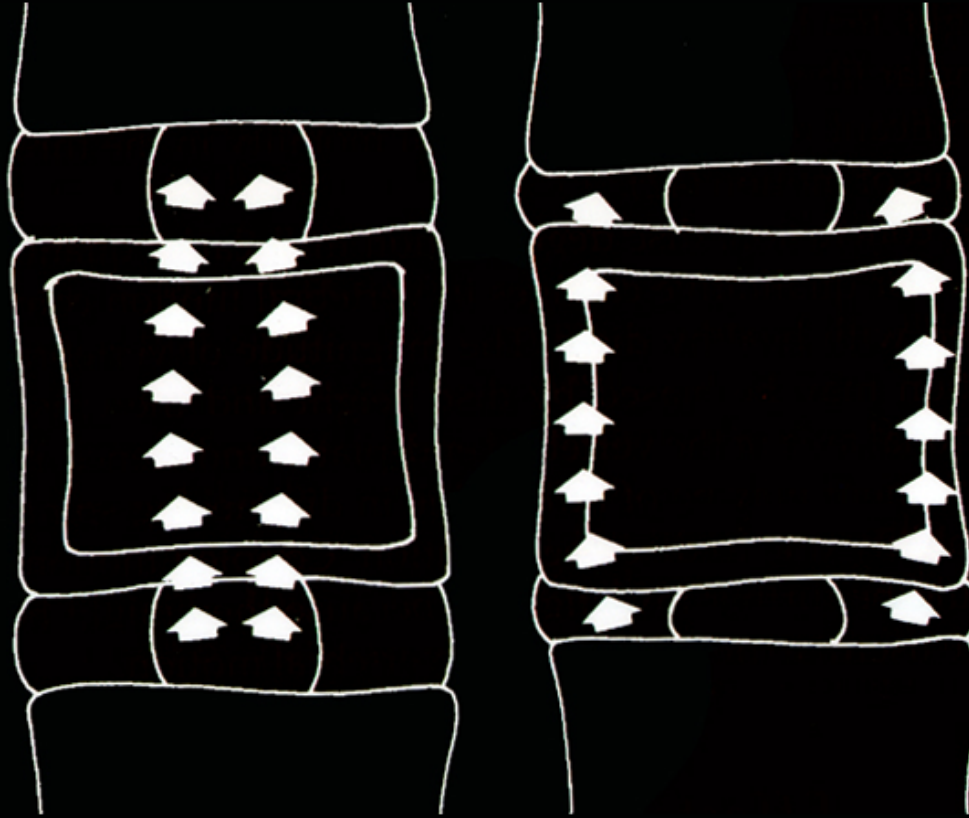
İntradiskal Sıvı Gerilmesi (MPa)



İntradiskal Sıvı Gerilmesi (MPa)



Yük Geçiři



Normal

Dejenere

Teşekkür ederim