

LOMBER İNTERVERTEBRAL DİSK BİYOMEKANİĞİ

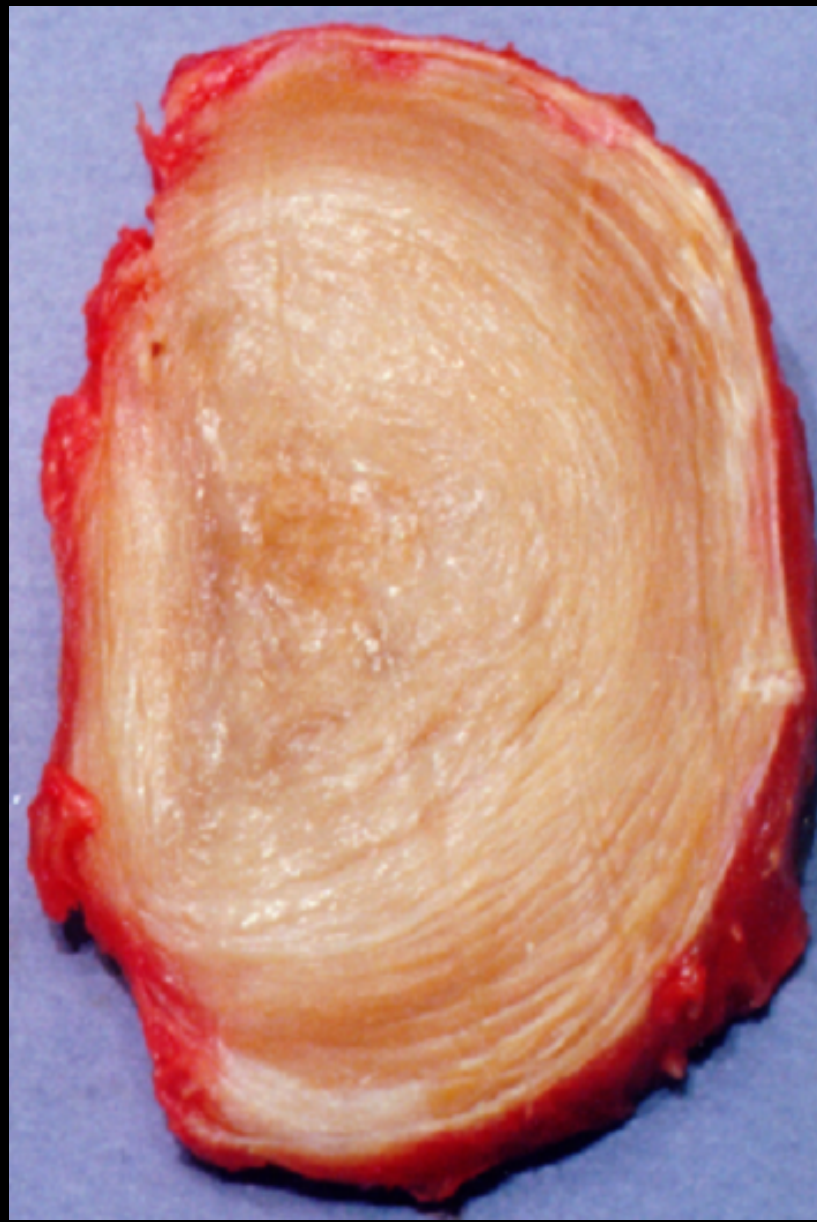
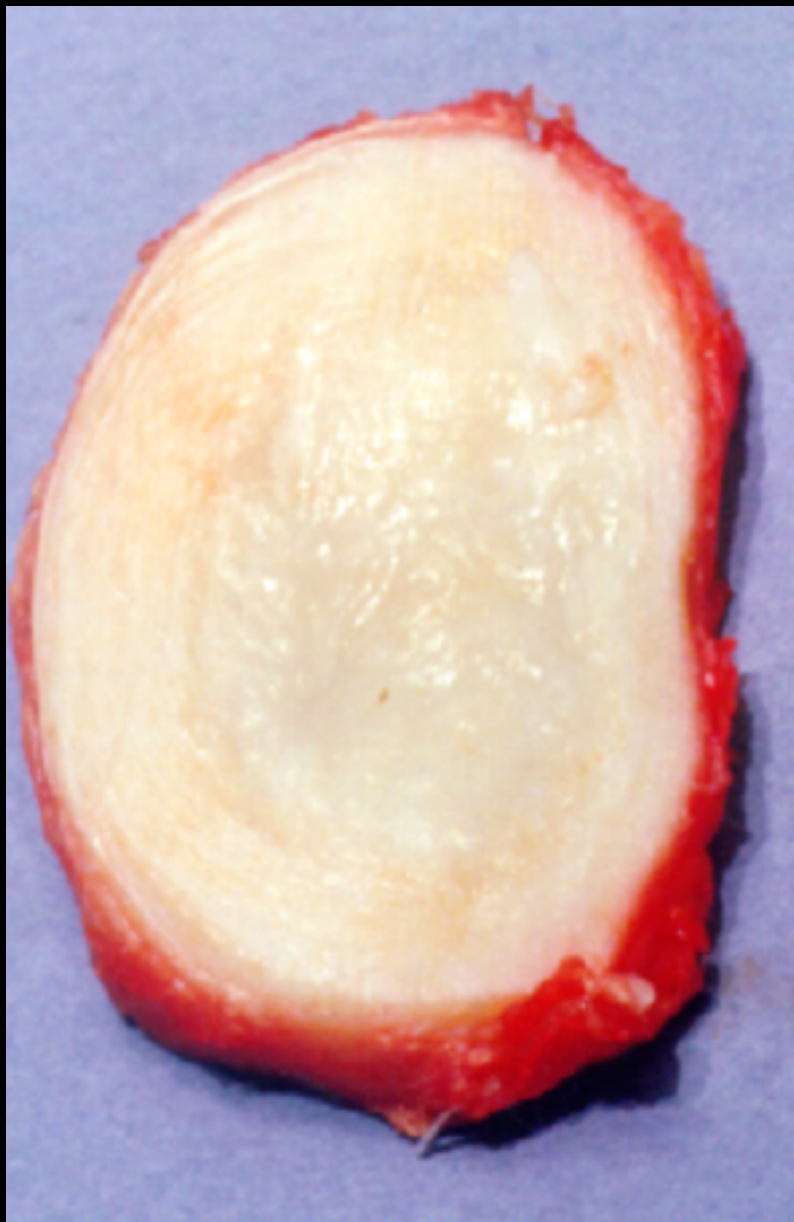
Dr.Hakan BOZKUŞ



VKV Amerikan Hastanesi



İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü



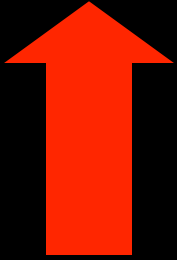
Biyomekanik Testler

- Disk viskoelastik ve anizotropik yapıda olduğundan, biyomekanik özellikleri test edilirken düşük hızda yükleme koşulları uygulanmaktadır.

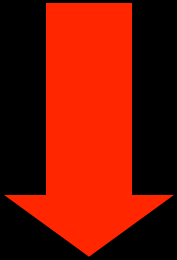
Basmaya cevabı

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

Disk Davranışı



YÜK



DİSK SERTLİĞİ



Disk dokusu

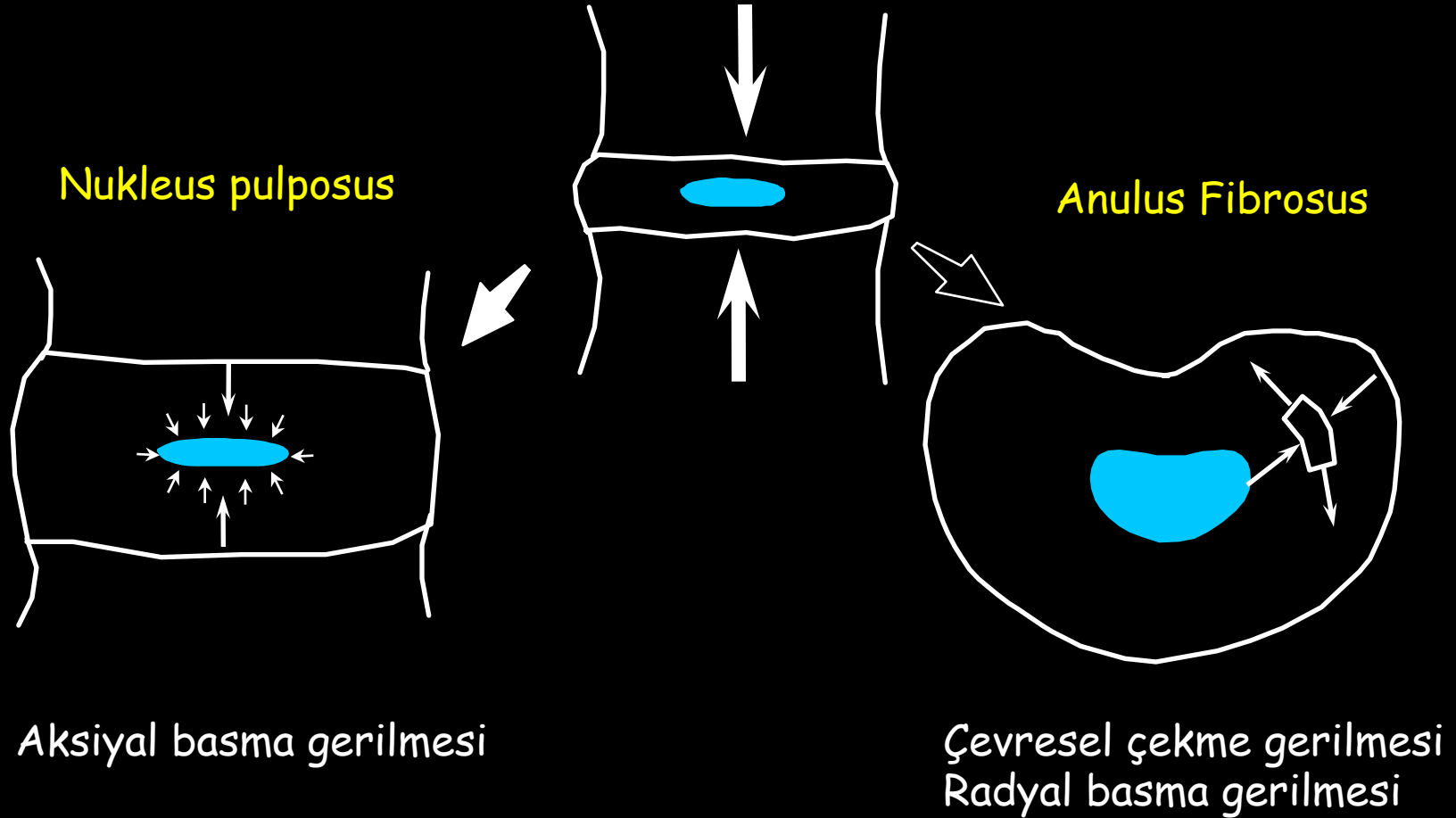
- Nukleus
- Anulus

Çekmeye cevabı

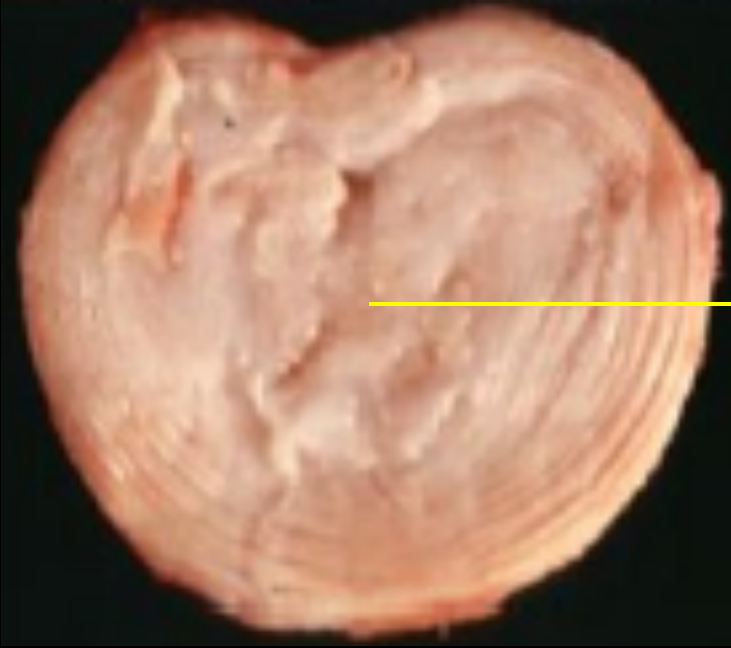
Günlük aktivite sırasında **nukleusun** çekme (tensil) yüklerine maruz kalması nadirdir.

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

Disk İçerisinde Statik Basma Yüklemesi



Nukleusun Dayanım Gücü



Yüksek Basma
Gerilmesi Dayanımı

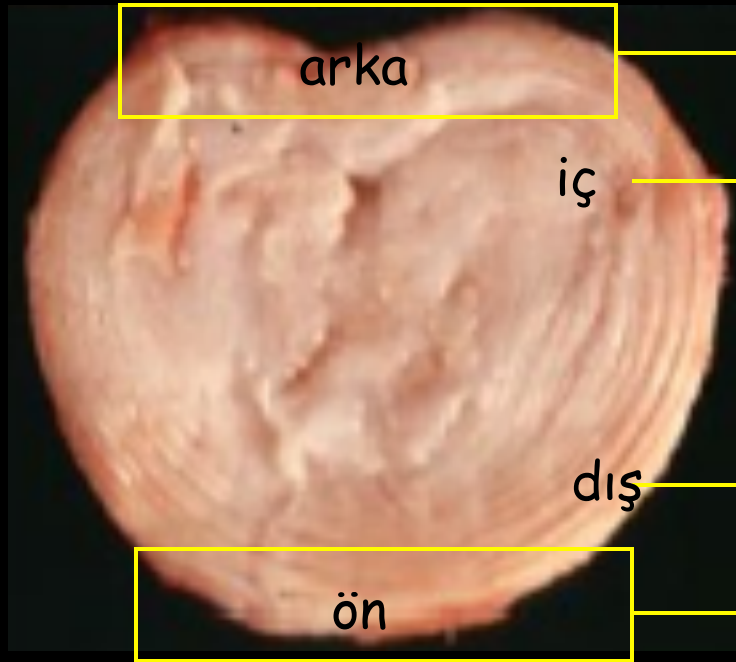
0.7-2.5 MN/m

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

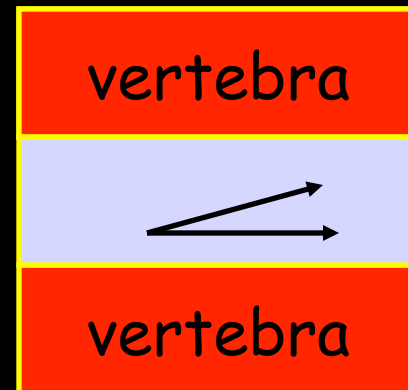
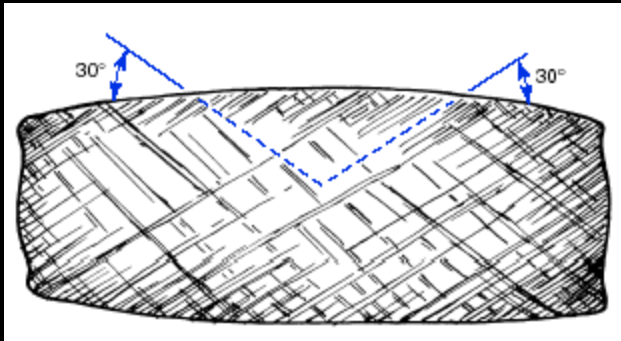
0.7- 1.4 MPa

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



Disk Dayanımı

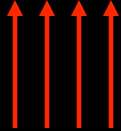
	Max.yük	Dayanım
Basma	4500 N	2.5 MN/m
Çekme	1800 N	1.0 MN/m
Kayma	150 N	0.26 MN/m
Burulma	31 Nm	2.0 Nm/derece

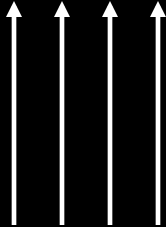
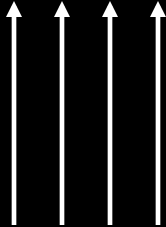
Statik Konumda Disk İçerisinde

NEDEN + intradiskal basınç ?

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

Yükleme Durumunda Disk İçi Yük Dağılımı

+ intradiskal basınç 

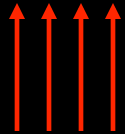
- Anulus fibrosusda çekme gerilmeleri 
- Nukleus pulposusda katılaşma (stiffness) 

Sabit Yükleme Etkisi

Viskoelastik özellik !

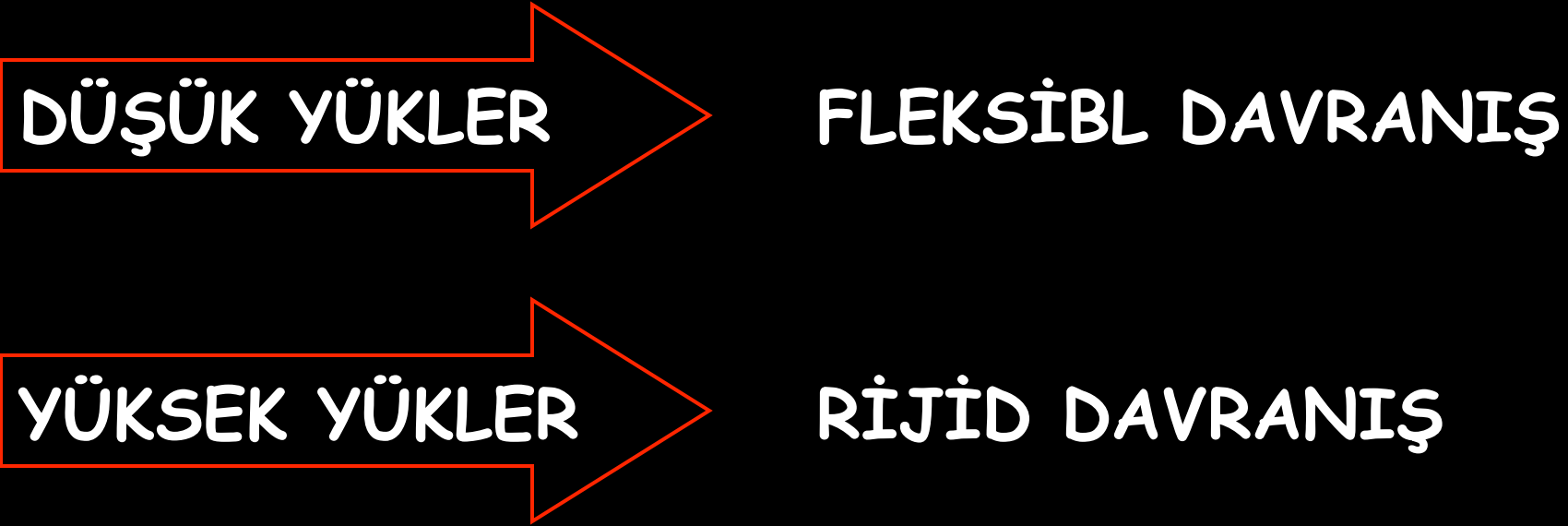
- Disk içerisinde zamana bağımlı deformasyon
(creep davranışı)
- Plastisite sınırı aşıldığında kalıcı deformasyon

Diske Olan Yükleme Devamında

Osmotik basınç 

- Diskin sıvı içeriği azalmakta
- Proteoglikan konsantrasyonu artmakta

Bifazik Davranış



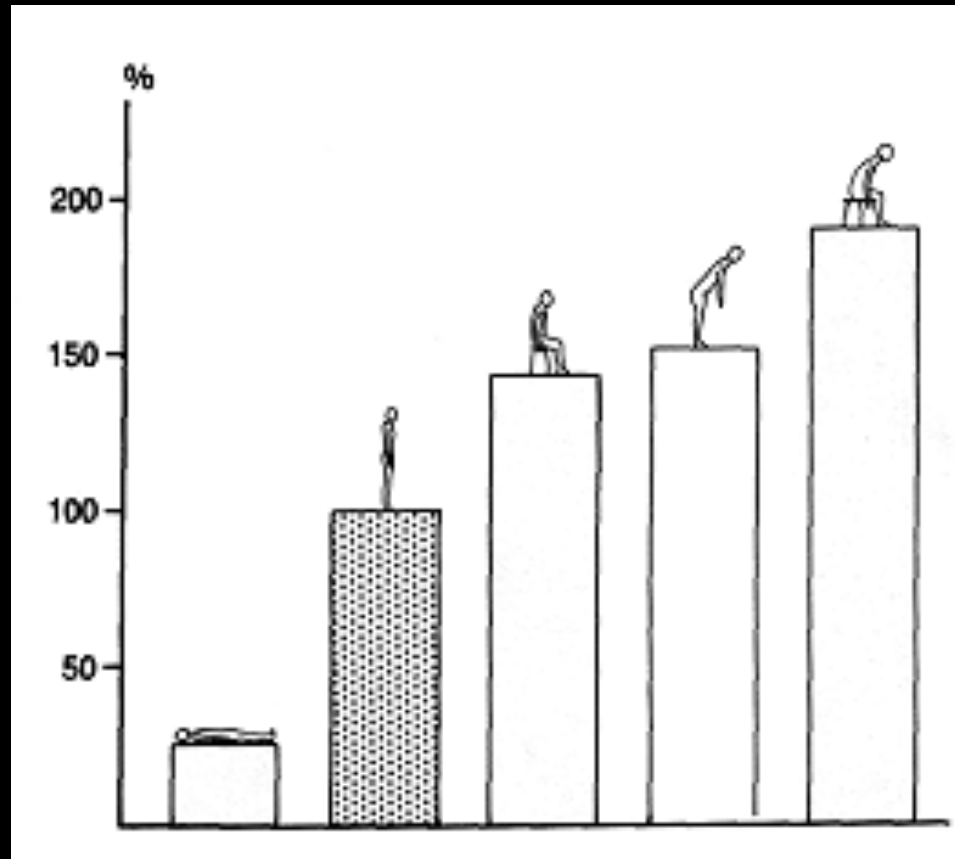
DÜŞÜK YÜKLER

FLEKSİBL DAVRANIŞ

YÜKSEK YÜKLER

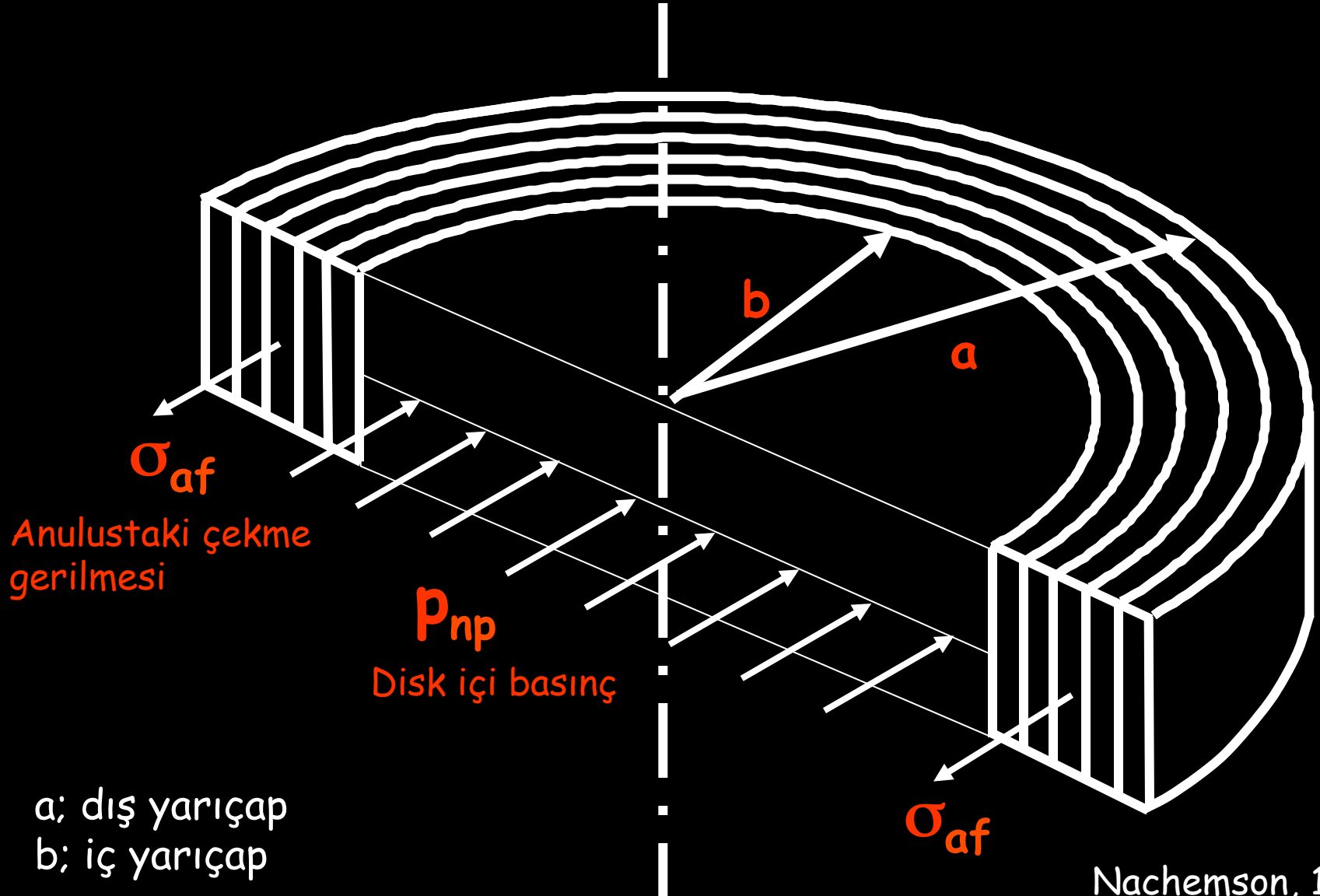
RİJİD DAVRANIŞ

İntradiskal Basiç



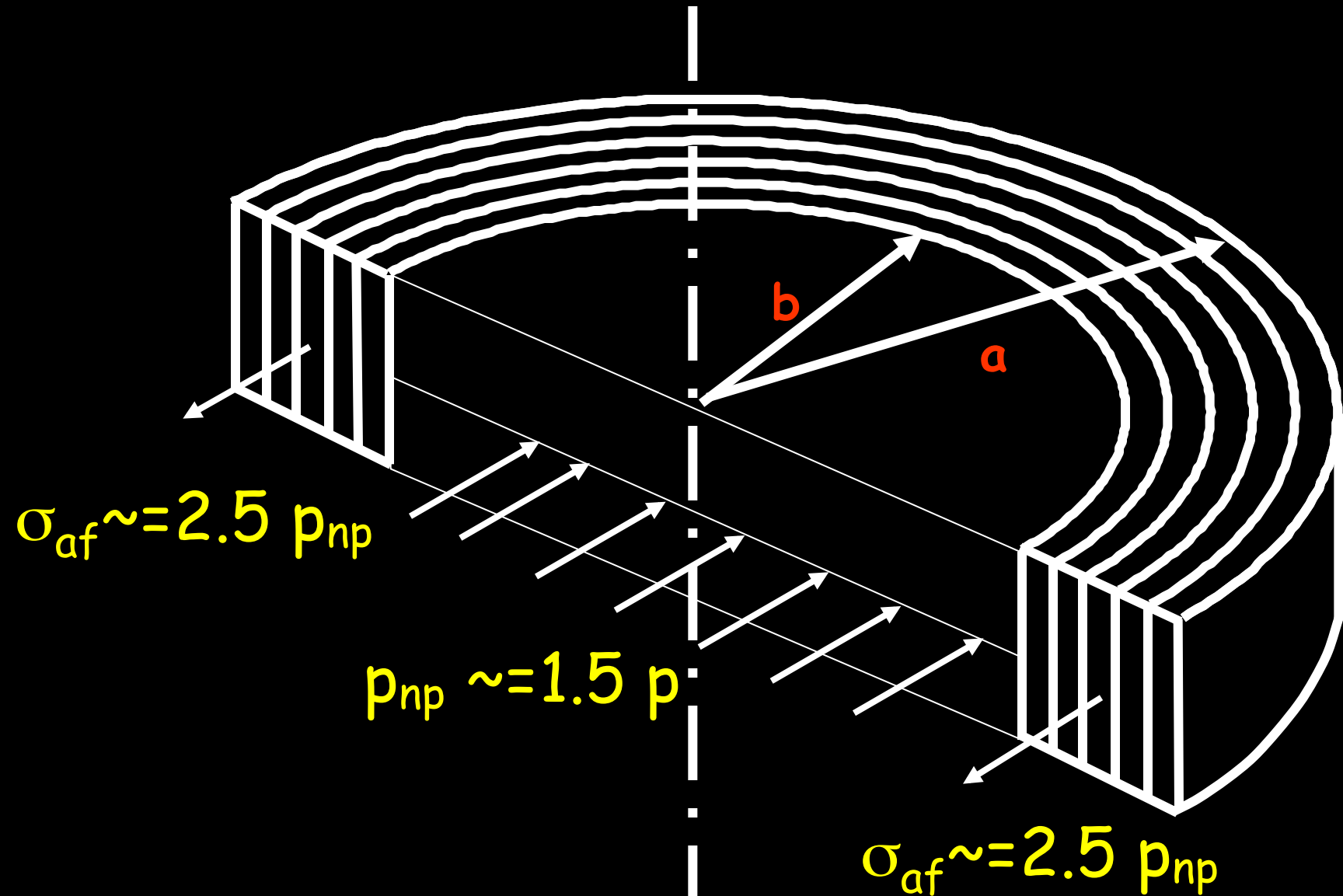
Nachmenson, 1966

Basit Basınç Modeli

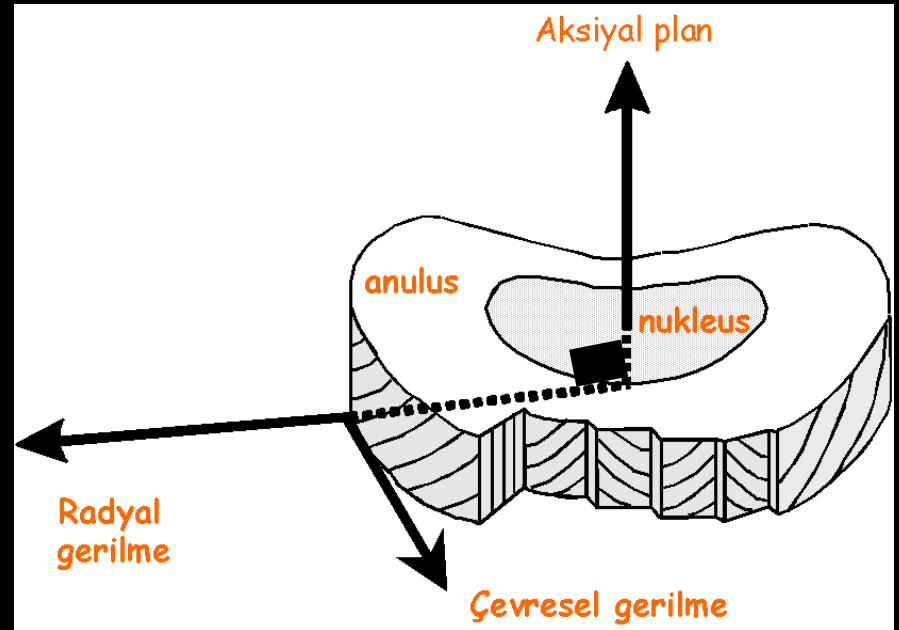
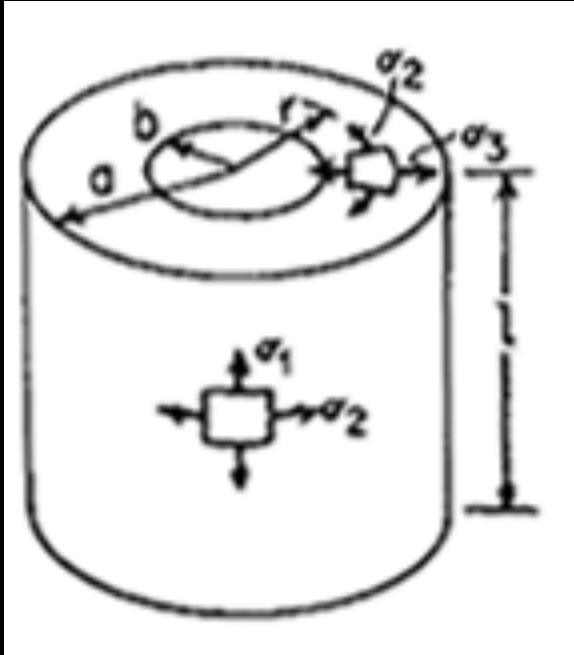


Nachemson, 1960

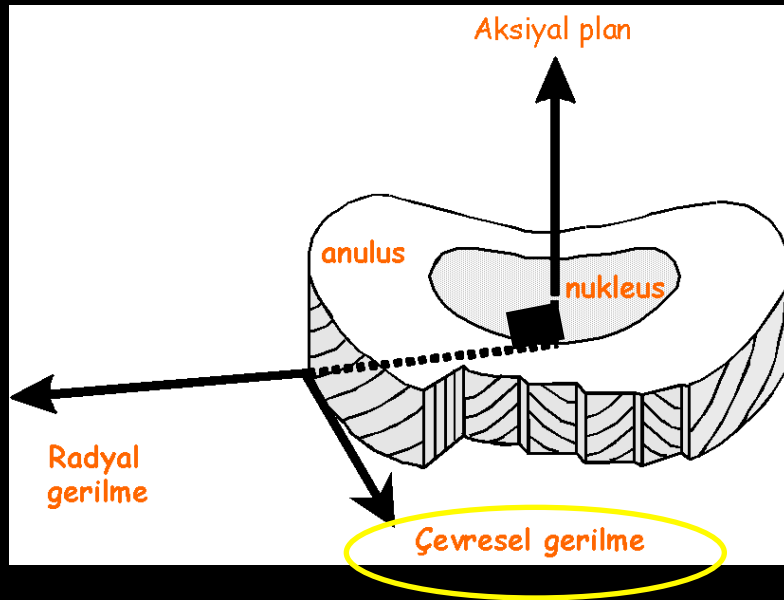
Basit Basınç Modeli



Bir Ucu Kapalı Kalın Cidarlı Basingç Borusu Modeli



Basma Yüklemesi

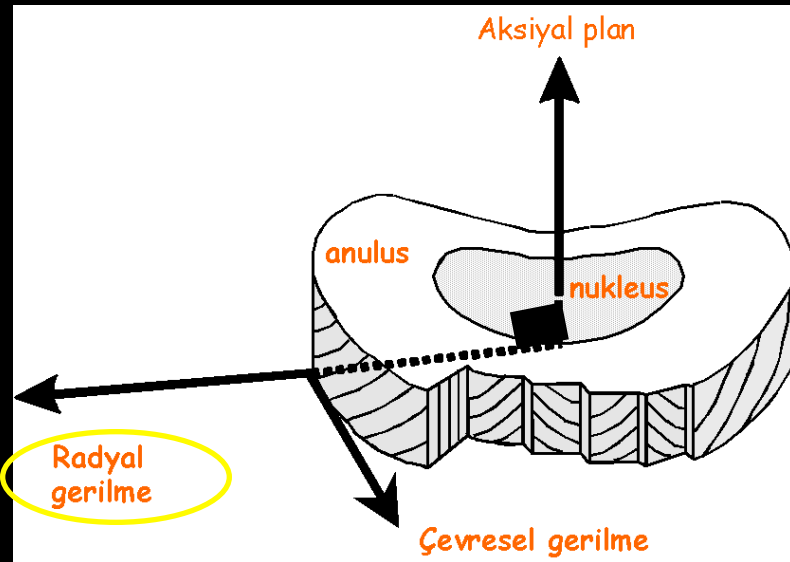


Anulus Fibrosusdaki "çevresel gerilme" (σ_{af})

İç AF $\longrightarrow 3p_{np}$

Dış AF $\longrightarrow 2p_{np}$

Basma Yüklemesi



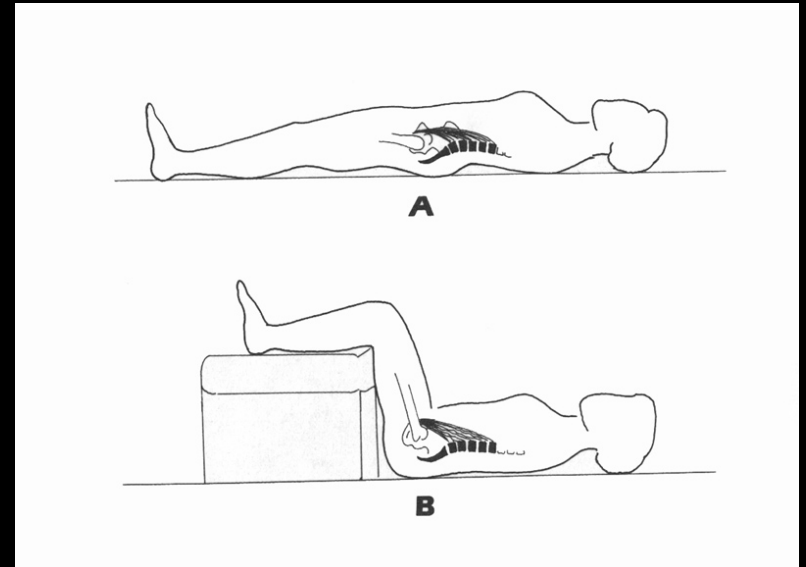
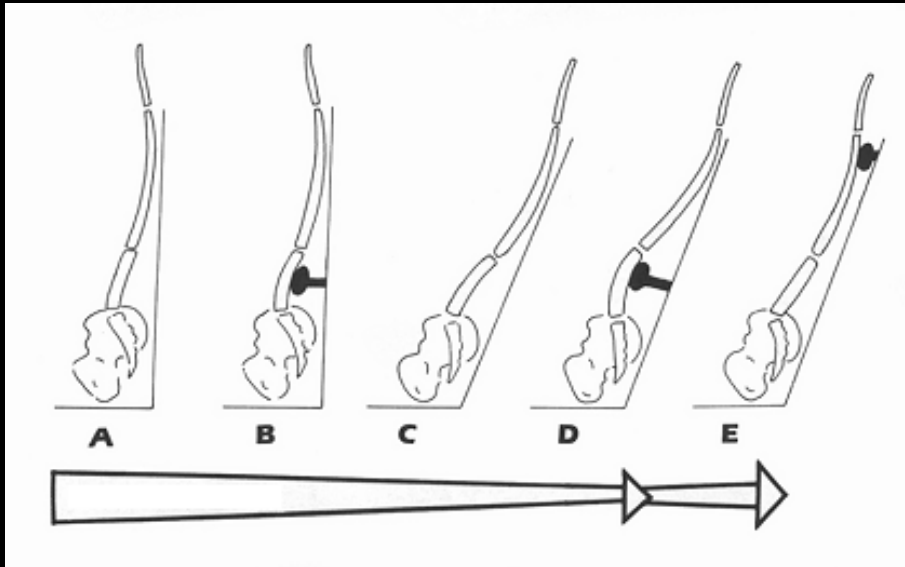
Radyal basma gerilmesi (σ_r) ;

İç AF $\longrightarrow$ $- p_{np}$

Dış AF $\longrightarrow$ 0

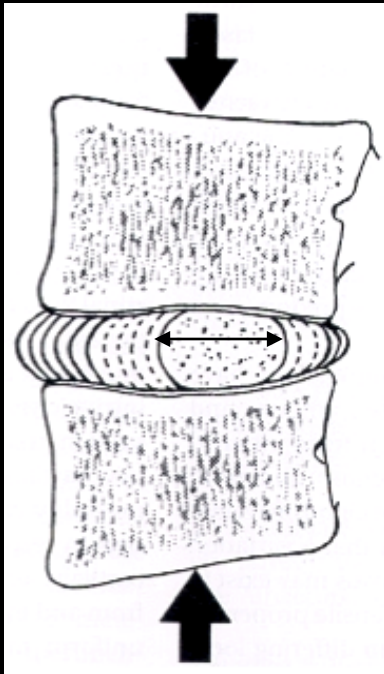
Anulusdaki çevresel ve radyal gerilmeler farklıdır.
En sabit ölçümler radyal plan gerilmeleridir.

Ergonomik Olarak Disk Basıncı ?

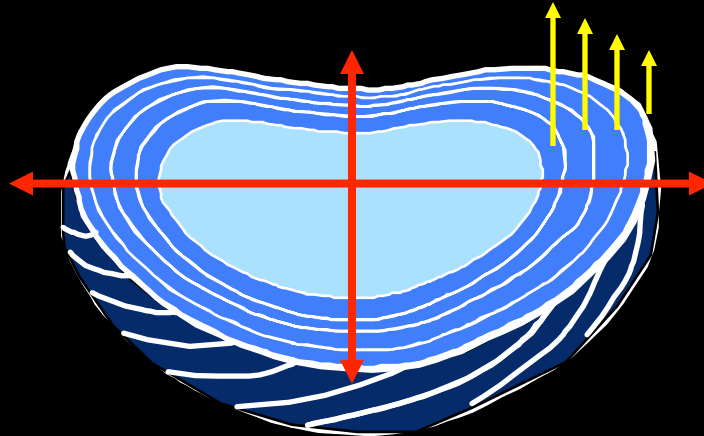


Disk basıncı

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

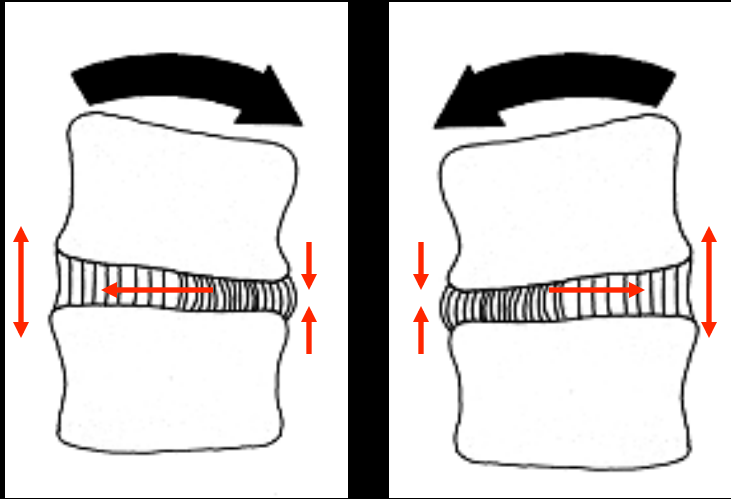


Aksiyal Basma Yüklemesi

FİZYOLOJİK LİMİTLERİ AŞTIĞINDA !

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

Eğilme Momenti (Fleksiyon, Ekstansiyon, Lateral Bending)

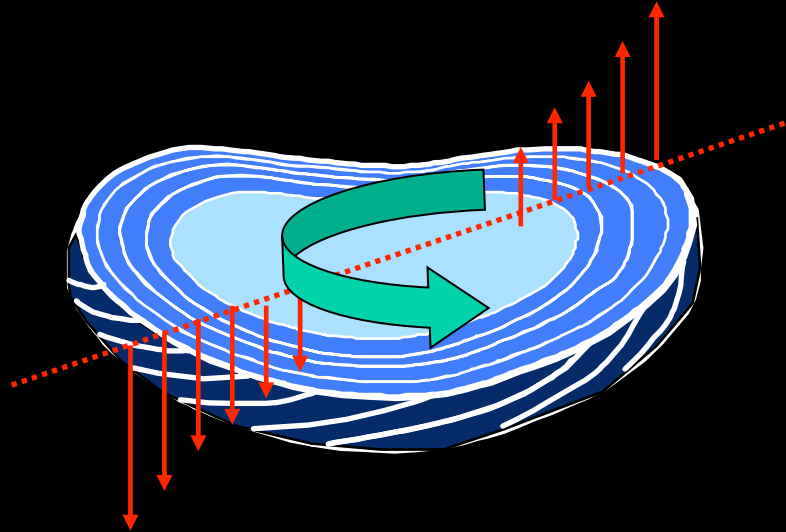


- Anulus lifleri basmanın olduğu tarafta basma gerilmelerine, karşı tarafta çekme gerilmelerine maruz kalır
- Nukleus, fleksiyonda arkaya ekstansiyonda öne doğru yer değiştirir

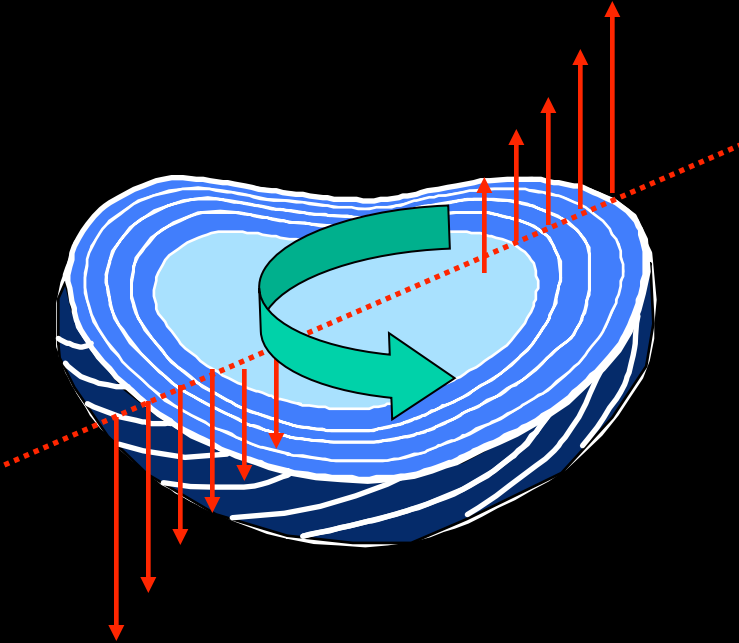
Burulma Momenti

(Torsiyon testi)

- Torsiyonel yükleme sırasında oluşan kayma gerilmeleri diskin merkezinde düşük, periferde yüksek değerlerdedir.



Burulma Momenti (Aksiyal torsiyon)



- En fazla mekanik gerilme arka ve yan anulus liflerinde oluşur

Burulma Momenti (Aksiyal torsiyon)

- İntradiskal basınç artışına sebep oluyor
 - Fleksiyondaki artıştan az
 - Ekstansiyondaki artıştan fazla

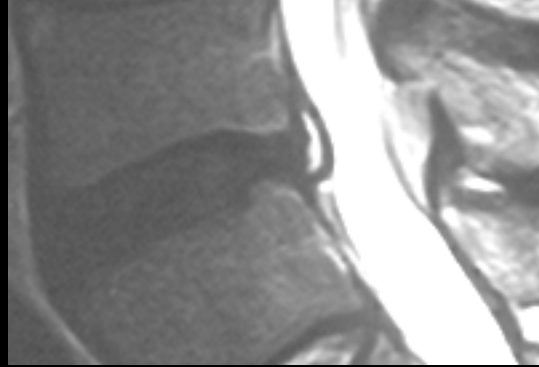
Burulma Momenti (Aksiyal torsiyon)

PÜR AKSİYAL TORSİYON ANULUS
LİFLERİNDE HASAR OLUŞTURMAZ !

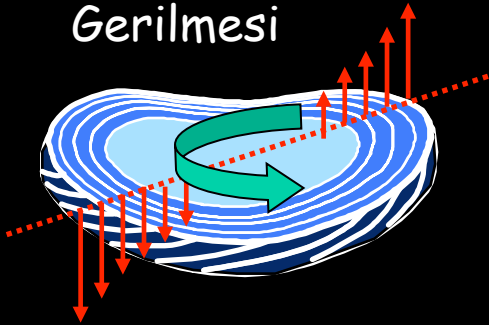
- Beraberindeki basma kuvveti anulus liflerinde hasar oluşturur

Anulus Hasarı

Düşük Çekme
Gerilmesi Dayanımı



Yüksek Kayma
Gerilmesi



Enerji Sönümlemesi (hysteresis)

İlerleyen yaşlarda azalmaktadır. Buna bağlı olarak da diskin yükü absorbe etmesi azalmaktadır.

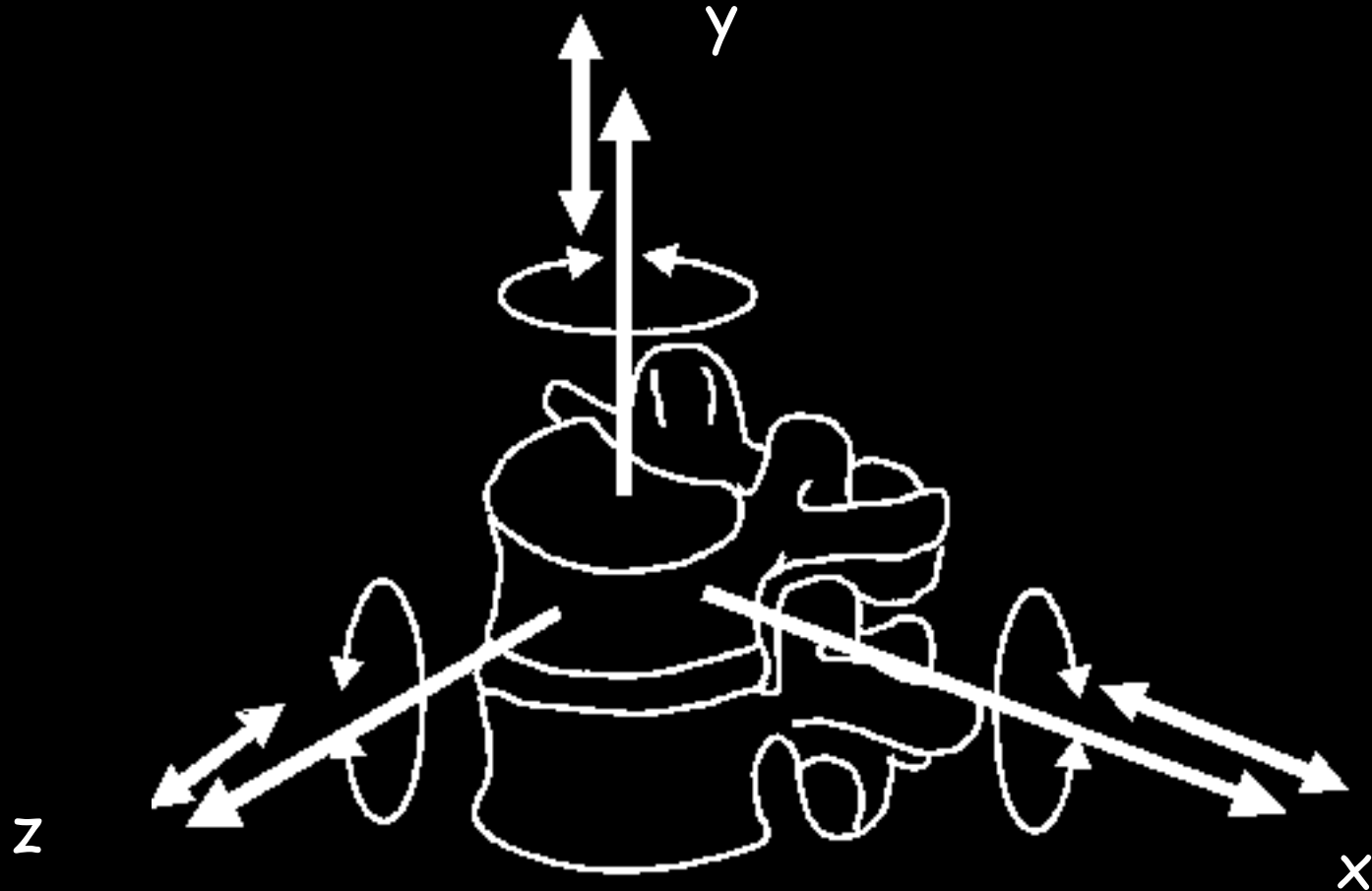
Üst lomber bölgede sönümleme düşükken alt lomber bölgede sönümleme yüksektir.

Yorulma

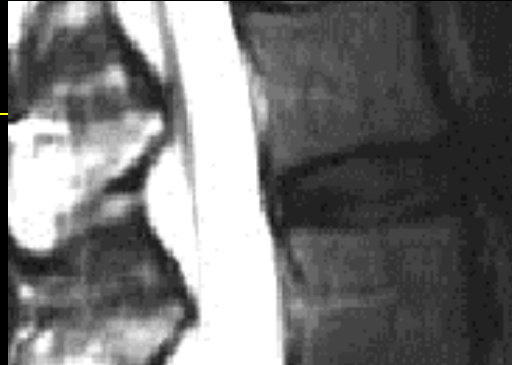
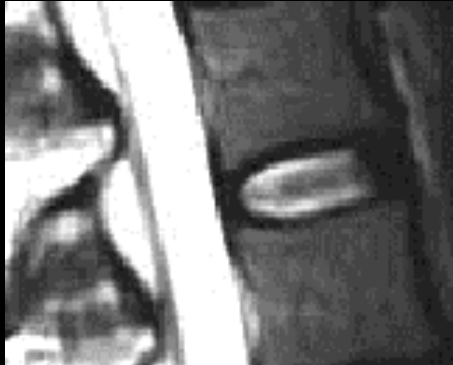
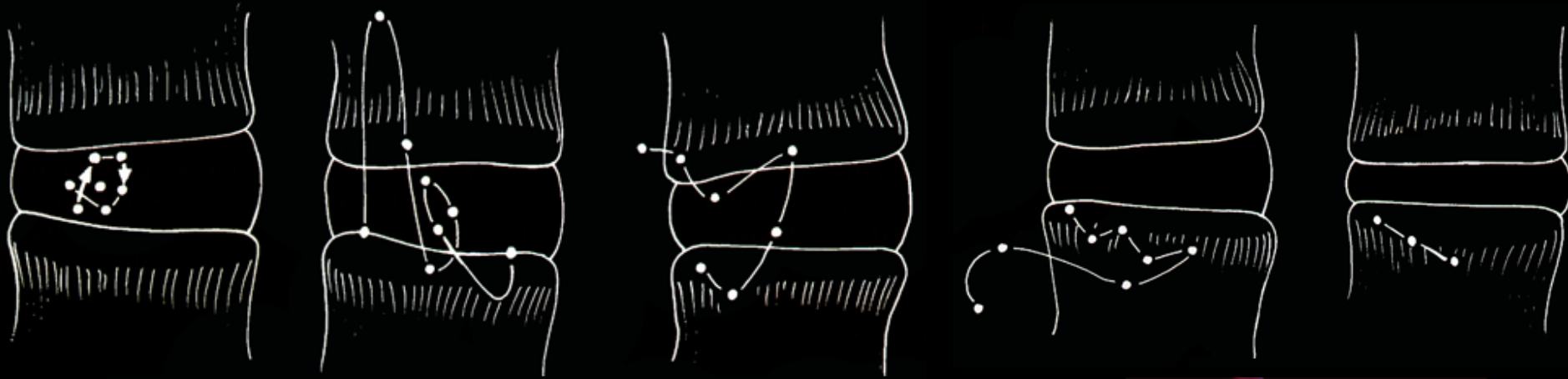
Siklik yüklemeler ile yapılan yorulma deneylerinde (fatigue tolerance) 1000 sikludan sonra tamamıyla hasarlanma olduğu ve yorulma ömrünün kısa olduğu bilinmektedir.

Hareket Aralığı

6 yönde hareket serbestliği



Sagittal Planda Rotasyonun Anlık Eksenini



Disk Dejenerasyonu

Doku
Adaptasyonu

Dejeneratif
Değişiklikler

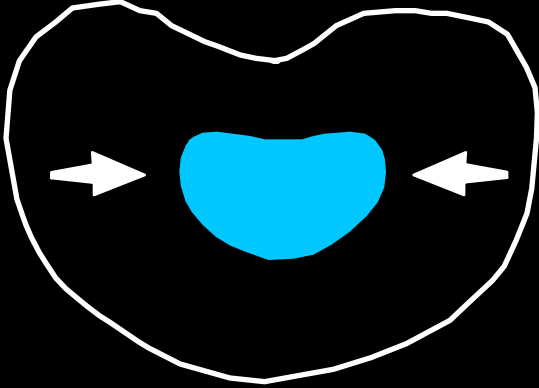


Değişen
Mekanik
Çevre

Değişen Materyel
Özellikleri

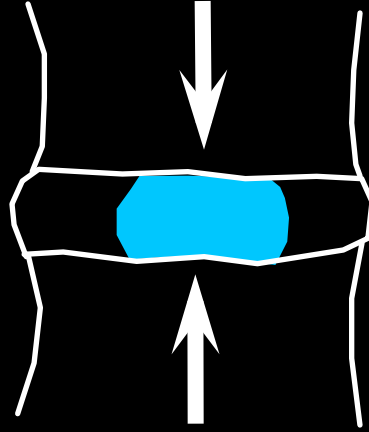
Sıvının Yönü

Normal
Yüksek PG içeriği

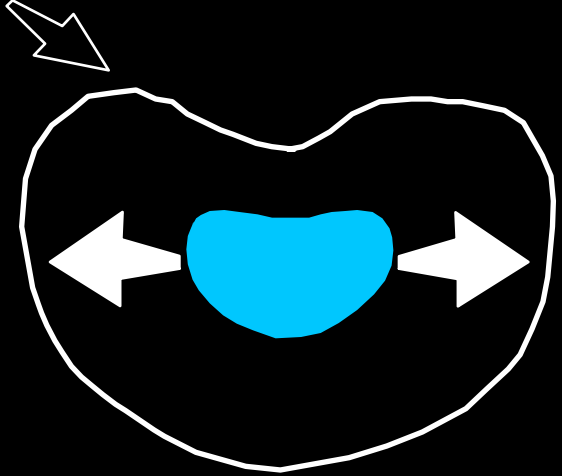


Hidrostatik basınç

Sıvı Disk İÇİNE



Dejenerasyon
Düşük PG içeriği

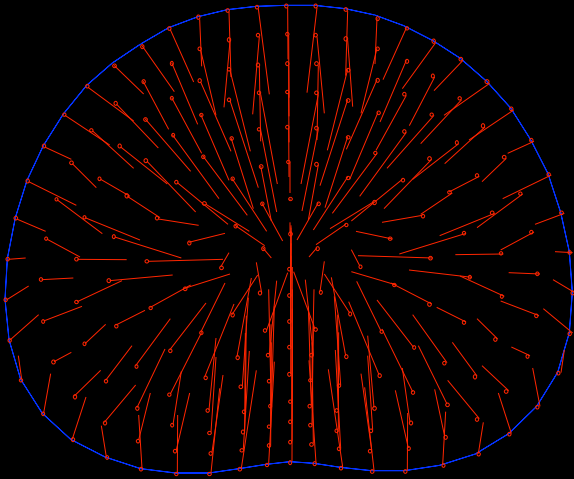


Osmotik basınç

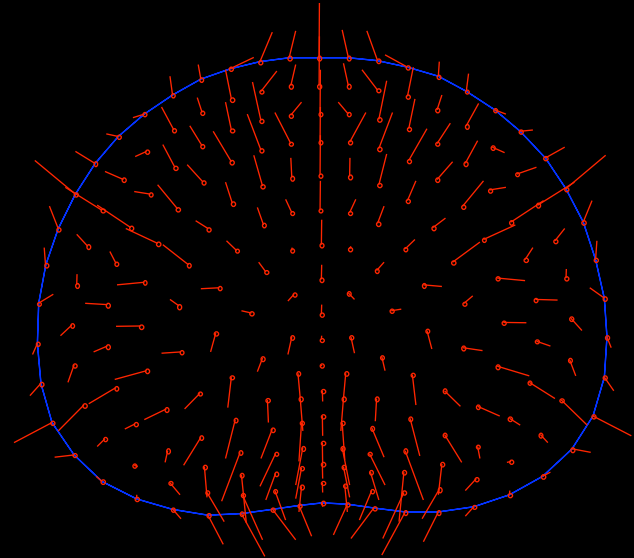
Sıvı Disk DIŞINA

Sıvı Vektör Yönü

Normal



Dejenere

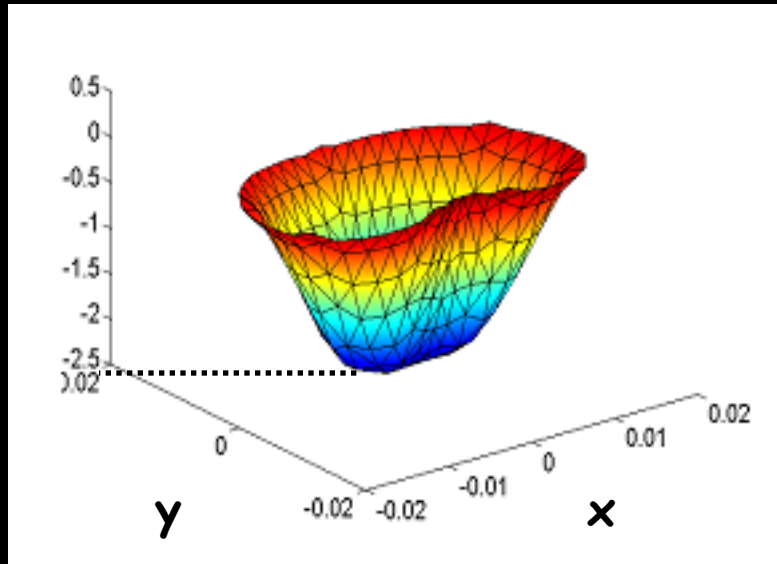


İntradiskal Sıvı Gerilmesi

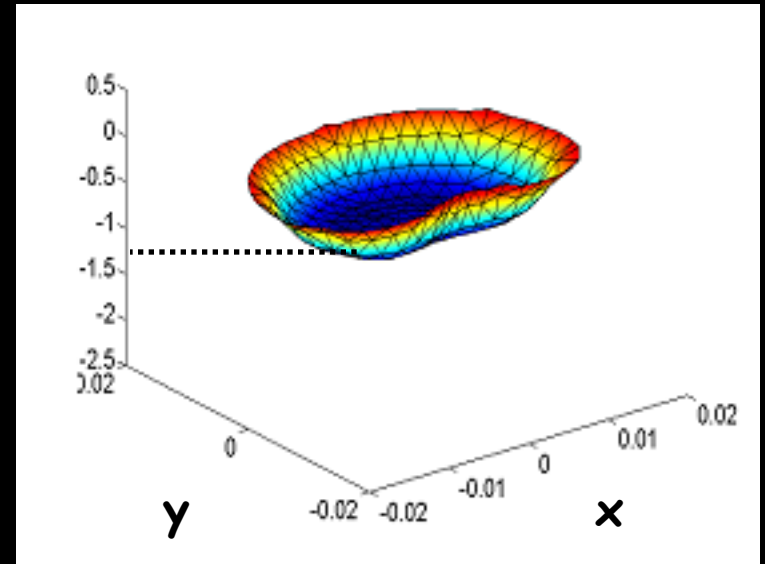
Normal

Dejenere

İntradiskal Sıvı Gerilmesi (MPa)

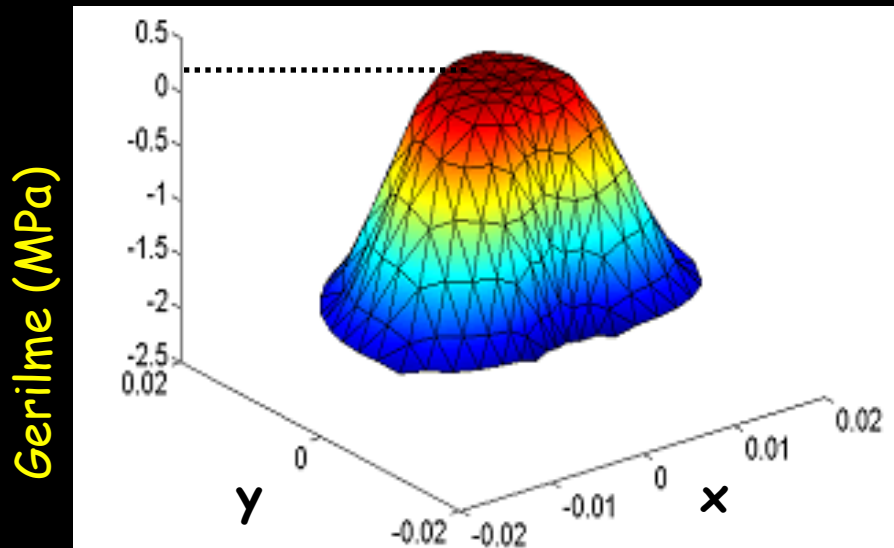


İntradiskal Sıvı Gerilmesi (MPa)

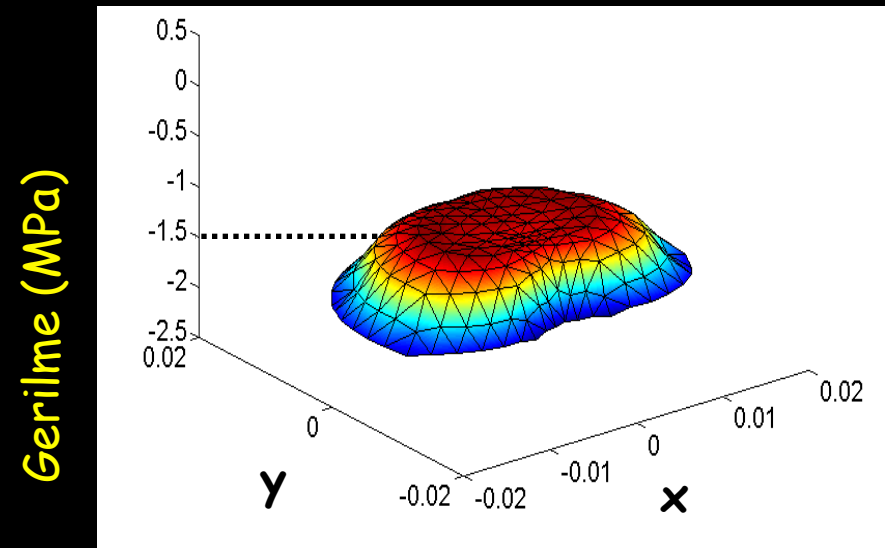


İntradiskal Gerilme Analizi

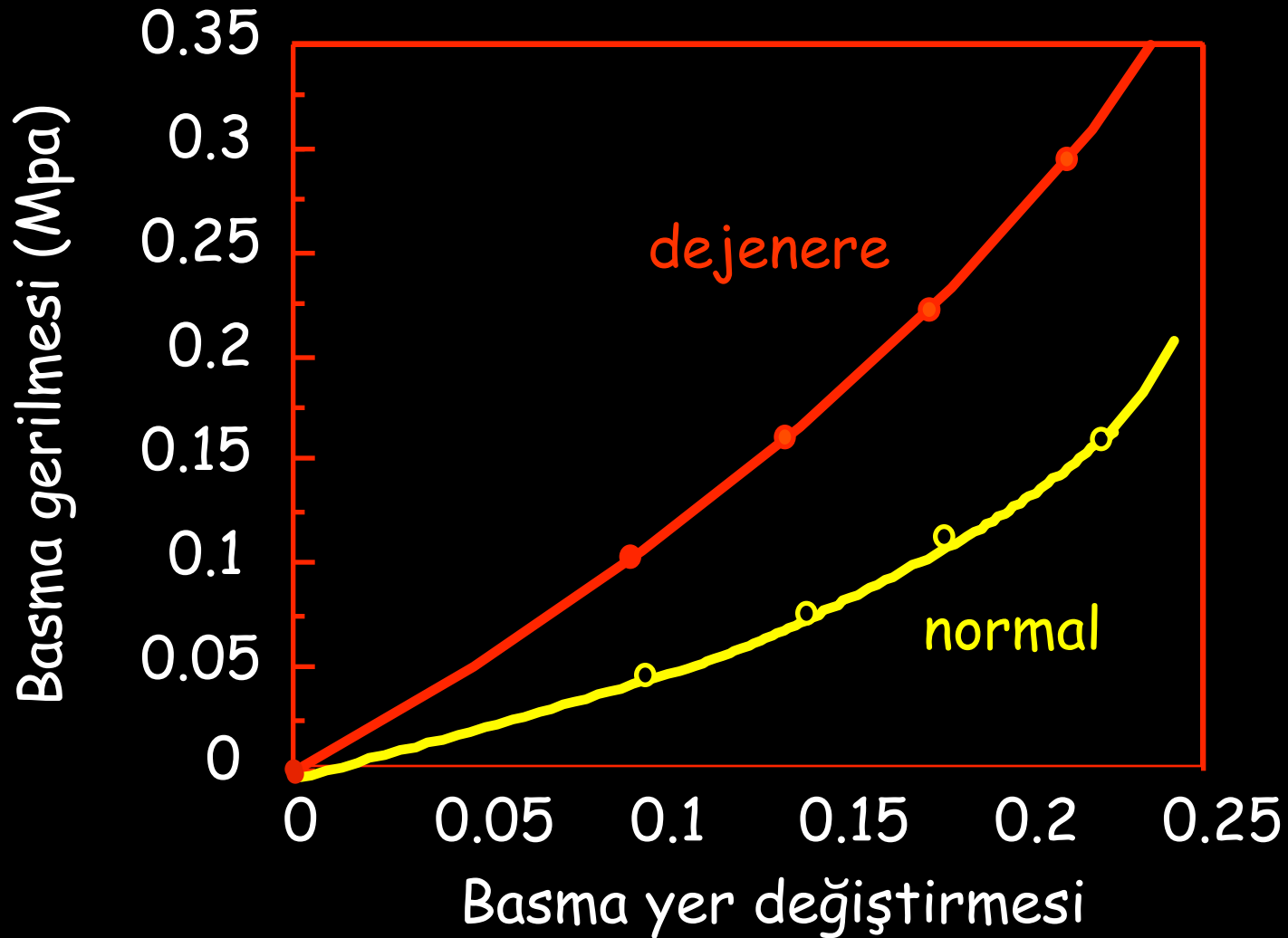
Normal



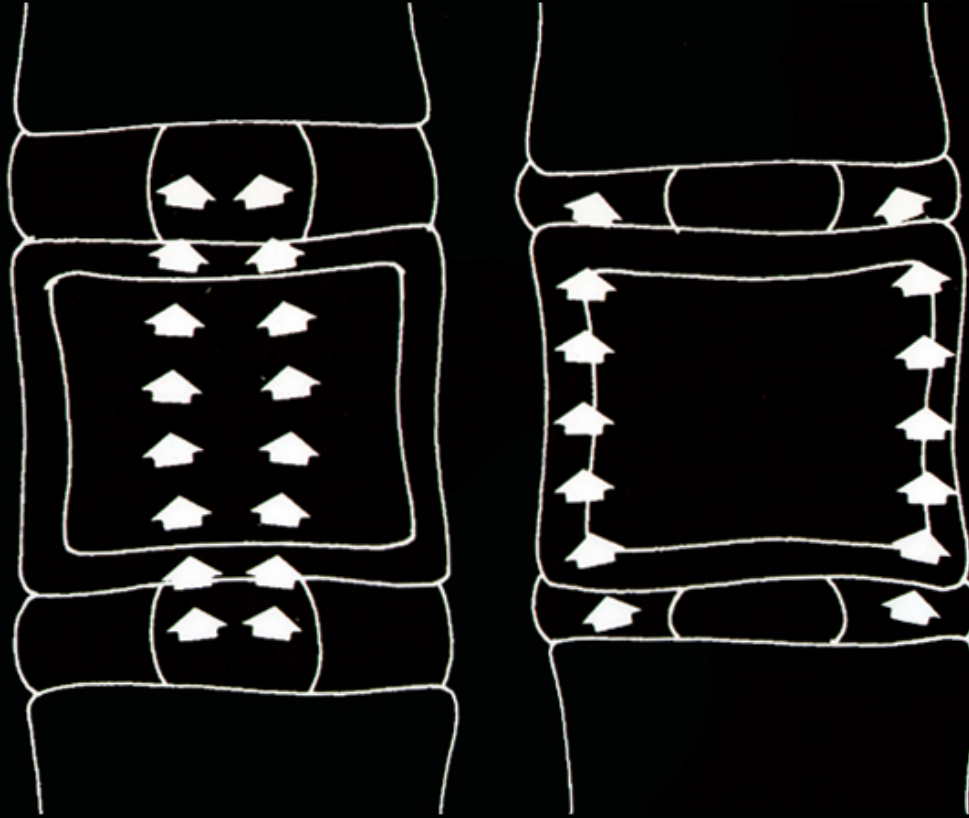
Dejenere



Gerilme- Yer değiştirme



Yük Geçiři

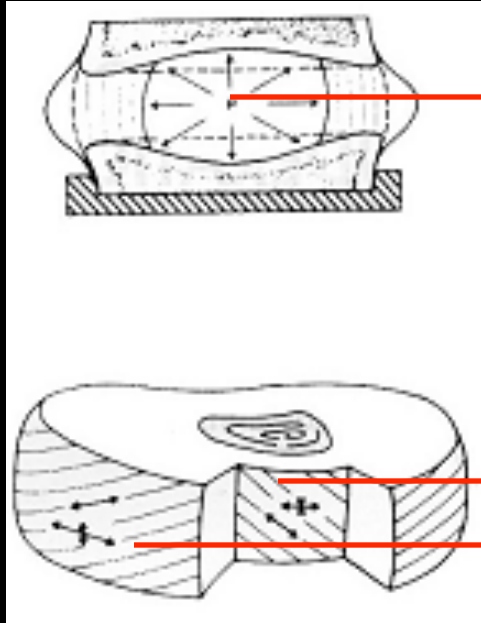


Normal

Dejenere

Gerilme Dağılımı

Normal

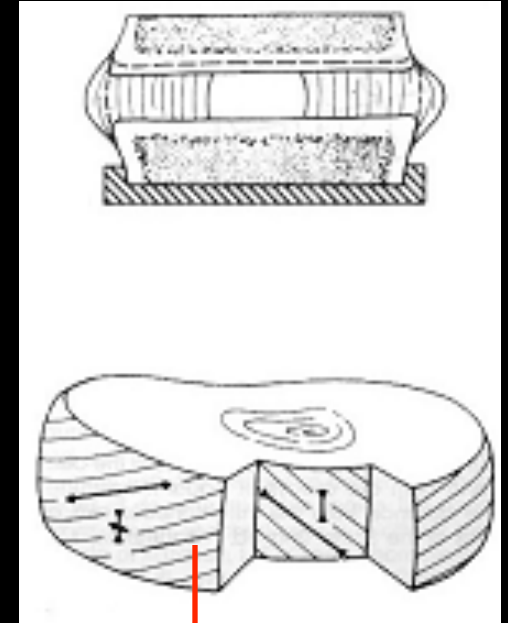


Nukleus
basma gerilmesi

İç anulus
basma gerilmesi

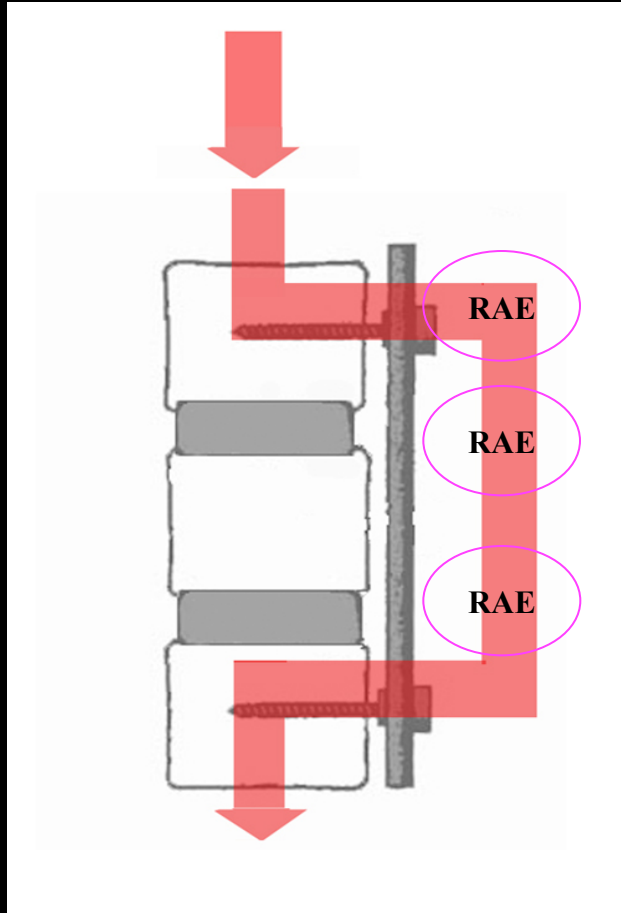
Anulus lifleri yönü
çekme gerilmesi

Dejenere

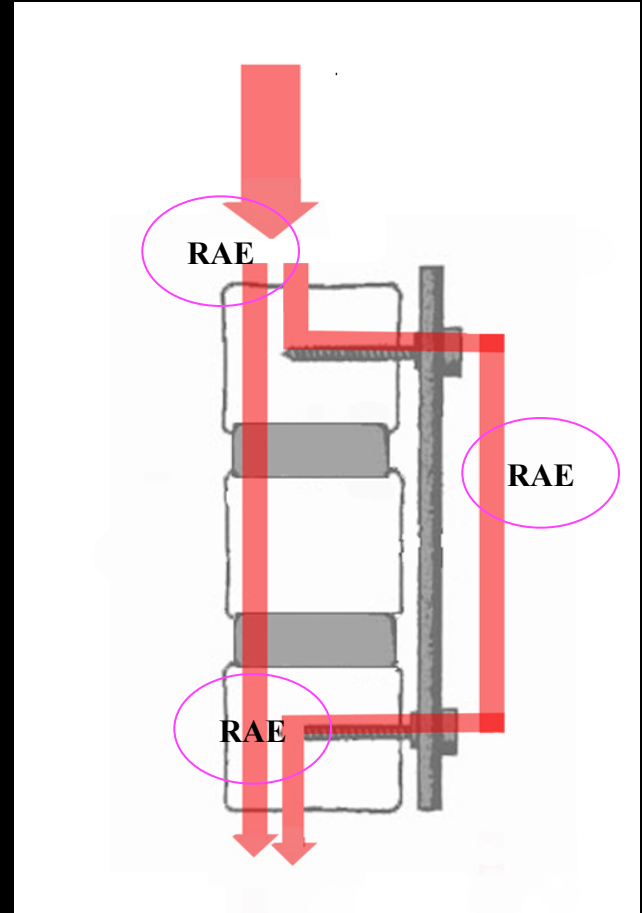


Tüm anulus lifleri
basma gerilmesi

Dinamik sistem yük dağılımı



rijit



dinamik

Lomber Bölgede Neler Oluyor ?

- Dinamik pedikül vidası
- Dinamik Rod

Asazuma T, ve ark., J Spinal Disord Tech 2004

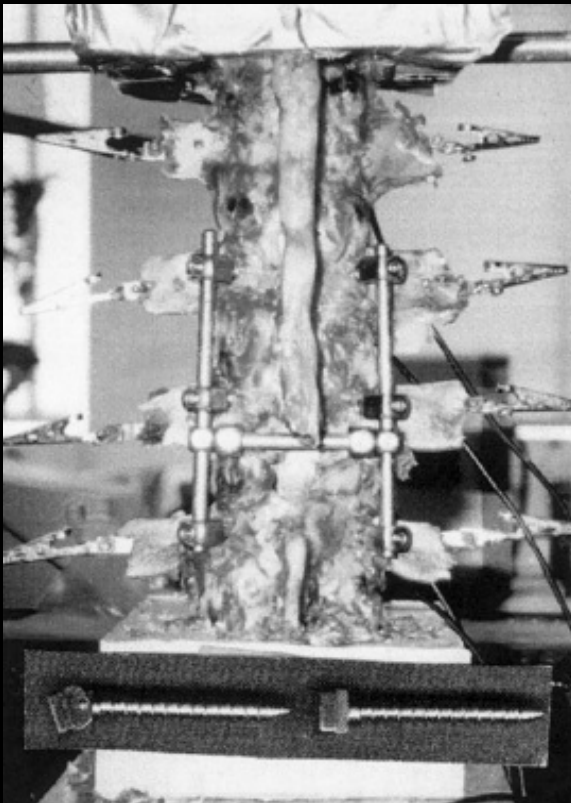
Korovessis P, ve ark., Spine 2004

Scifert JL, ve ark., Spine 1999

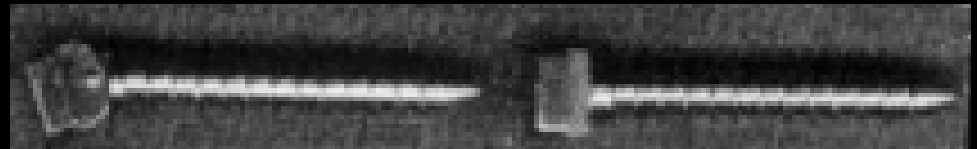
Templier A, ve ark., Eur J Orthop Surg Traumatol 1998

Stability Analysis of an Enhanced Load Sharing Posterior Fixation Device and Its Equivalent Conventional Device in a Calf Spine Model

Jeffrey L. Scifert, BSE,* Koichi Sairyo, MD,* Vijay K. Goel, PhD,* Leon J. Grobler, MD,*
Nicole M. Grosland, PhD,* Kevin F. Spratt, PhD,*† and Kathleen D. Chesmel, PhD‡



- T12-L5 dana modeli
- L3-4 diskektomi, fasetektomi, laminektomi
- L2-4 fiksasyon
- 10 Nm



Hareket $\pm 15^\circ$

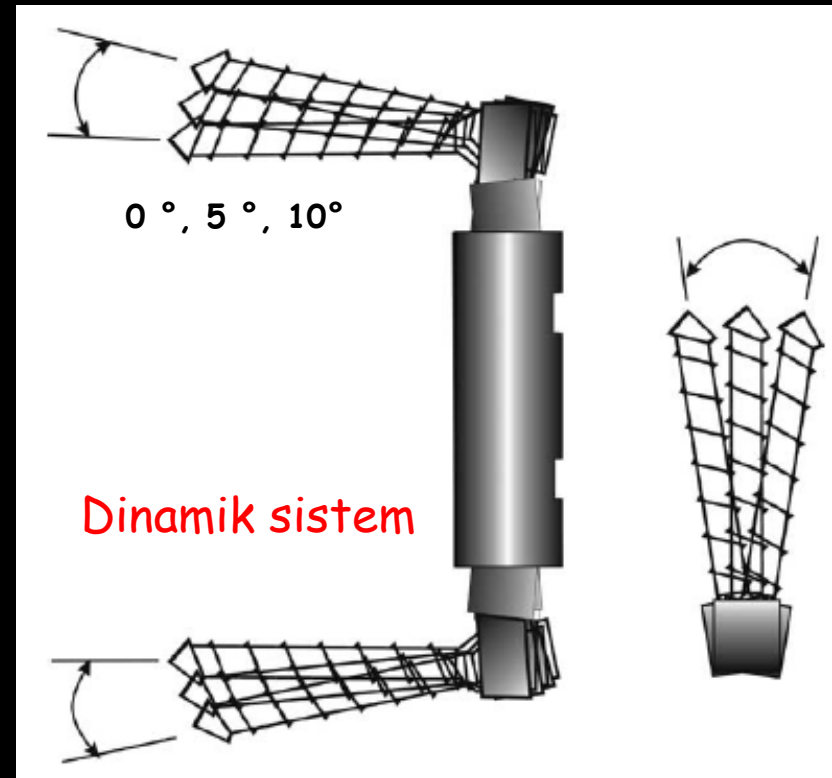
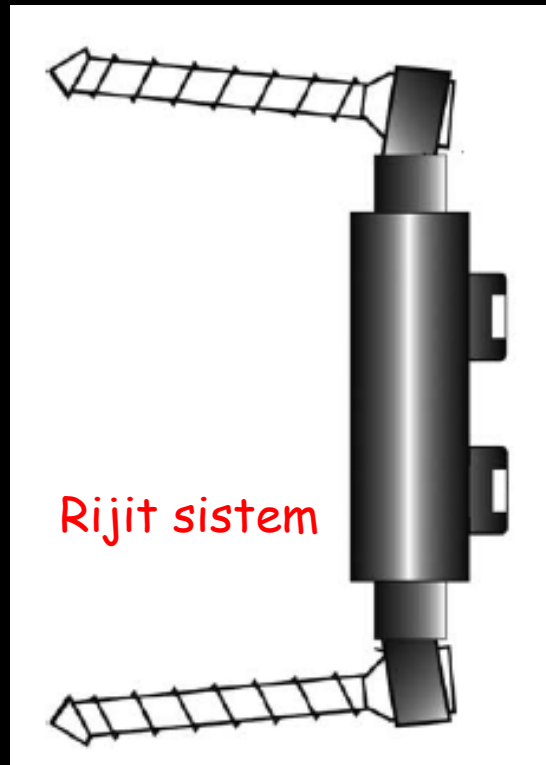
Rijit ve Dinamik Pedikül Vida Arasında Stabilizasyon Farklı mı?

Her iki vida;

- Fleksiyon ve ekstansiyonda %65 hareket kısıtlaması
 - Lateral Bending'de %90 hareket kısıtlaması
 - Aksiyal Rotasyonda hareket kısıtlaması daha az.
-
- Her iki vida da aksiyal rotasyon dışında ROM'u önemli ölçüde kısıtlıyor.
 - Stabilizasyon yönünden her iki vida da yeterli.

Biomechanical evaluation of a dynamic pedicle screw fixation device

Hua-Zi Xu ^{a,*}, Xiang-Yang Wang ^b, Yong-Long Chi ^a, Qing-An Zhu ^c, Yan Lin ^a,
Qi-Shan Huang ^a, Li-Yang Dai ^b



Rijit ve Dinamik Pedikül Vidası



- T10-L4 kadavra modeli,
- L1 anterior wedge rezeksiyonu,
- T12-L2 fiksasyon
- 10 Nm

Fleksiyon/ Ekstansiyonda DPV normal ROM'a Daha Yakın

Rijitlik (stiffness) (yük/
deformasyon)

ROM

Fleksiyon/Ekstansiyon

RPV>DPV>İntact

Lateral Bending

RPV=DPV>İntact

Aksiyal Rotasyon

İntact>DPV>RPV

Fleksiyon/Ekstansiyon

DPV RPV'den farklı,

DPV Normale daha yakın

Lateral Bending

Normal ROM içinde*

Aksiyal Rotasyon

Normal ROM içinde



Hinged-Dynamic Posterior Device Permits Greater Loads on the Graft and Similar Stability as Compared with Its Equivalent Rigid Device: A Three-Dimensional Finite Element Assessment

JPO, 2001 Vol. 13, Num. 1, pp. 17-20

Vijay K. Goel, PhD

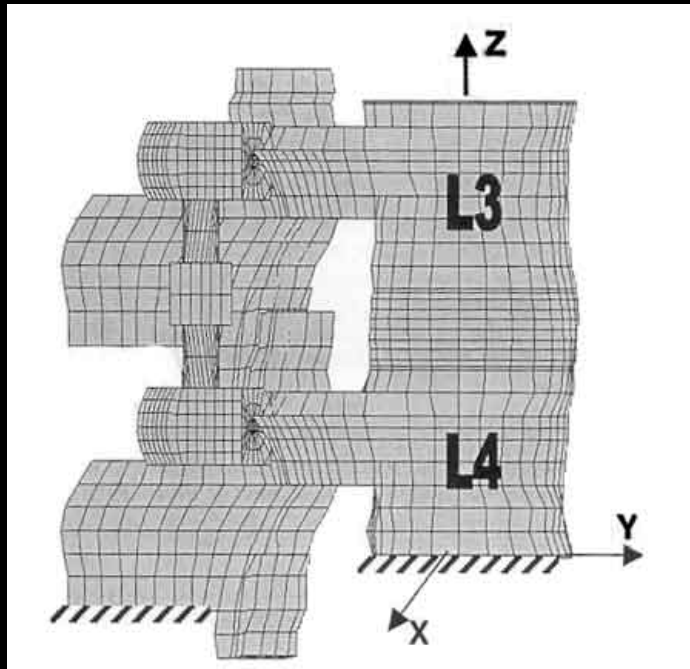
Regina J. Konz, MS

H. T. Chang, MS

Nicole M. Grosland, PhD

Leon J. Grobler, MD

K. D. Chesmel



- L3-4 FEM modeli
- Fasetektomi
- Nukleus, spongioz, kortikal ve titanyum materyel özelliklerinde tanımlanmış
- 800 N aksiyal yük ile;

Dinamik Vida Yükün Diskten (Füzyondan) Geçmesini Sağlıyor

Graft	Rigid		Hinged	
	Nucleus	Device	Nucleus	Device
Cancellous	712.4	87.6	767.9	32.1
Cortical	741.2	58.8	773.5	26.5
Titanium	742.5	57.5	774.3	25.7

- DPV ve RPV aynı stabiliteyi sağlıyor.
- DPV ile nukleusda daha fazla aksiyal yer değiştirme (displacement) sağlanıyor.
- RPV, DPV'a göre daha fazla yük taşıyor

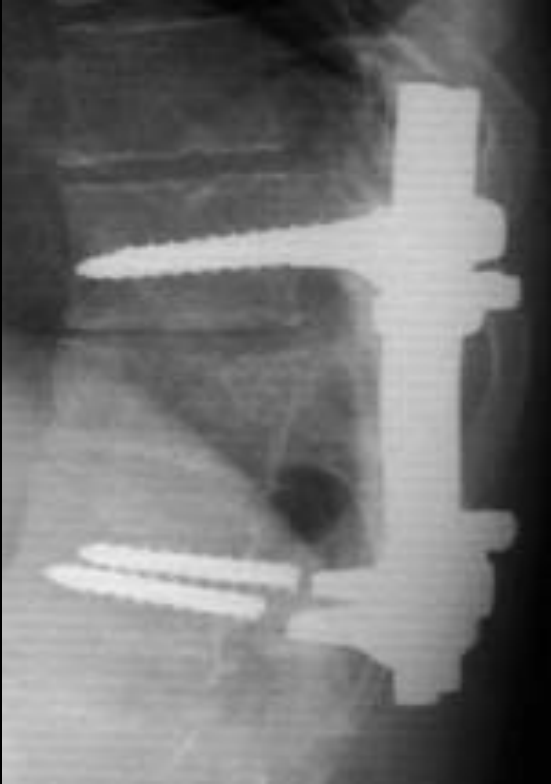
Nukleus yerine konulan füzyon materyeli sertleştikçe diskten geçen yük artıyor

Vidaların En Büyük Sorunu

- Kırılma
- Dışarıya çıkma

Rijit Vidalar

- Sabit moment kollu vidalar



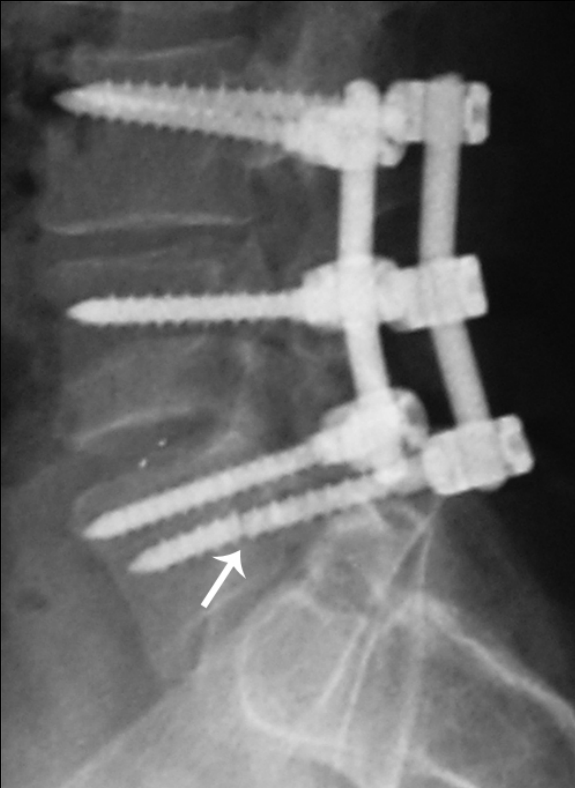
Kırılma noktası



Kırılma noktası

Dinamik Vidalar

- Dinamik (hareketli) moment kollu vidalar



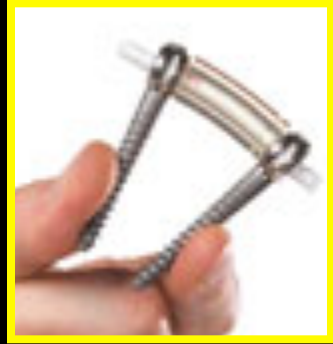
Kırılma noktası vida boyunca farklı yön ve doğrultuda olmaktadır.

Üç nokta eğilme momenti etkisi !

Kırılma noktaları

Posterior Lomber Dinamik Sistem

- Segmentler arası hareketi klasik pedikül vidası sistemlere göre korumaktadırlar.



Dynesys (Zimmer Spine)

- Dinamik ve rijit sistemler arasındaki en önemli fark ekstansiyon hareketinde olmaktadır.

Sonuç

- DPV, RPV ile benzer stabilizasyon sağlıyor.
- RPV'dan geçen yük DPV'dan geçenden daha fazla,
- DPV ile fiksasyondan geçen yük disk ile paylaşılıyor.
- DPV füzyonun oluşmasını kolaylaştırıyor

Thank you

Teşekkür ederim