

SPİNAL ENSTRUMENTASYON VE OMURGA BİYOMEKANİĞİ

Dr.Hakan BOZKUŞ

 VKV Amerikan Hastanesi, Nöroşirurji Bölümü



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü

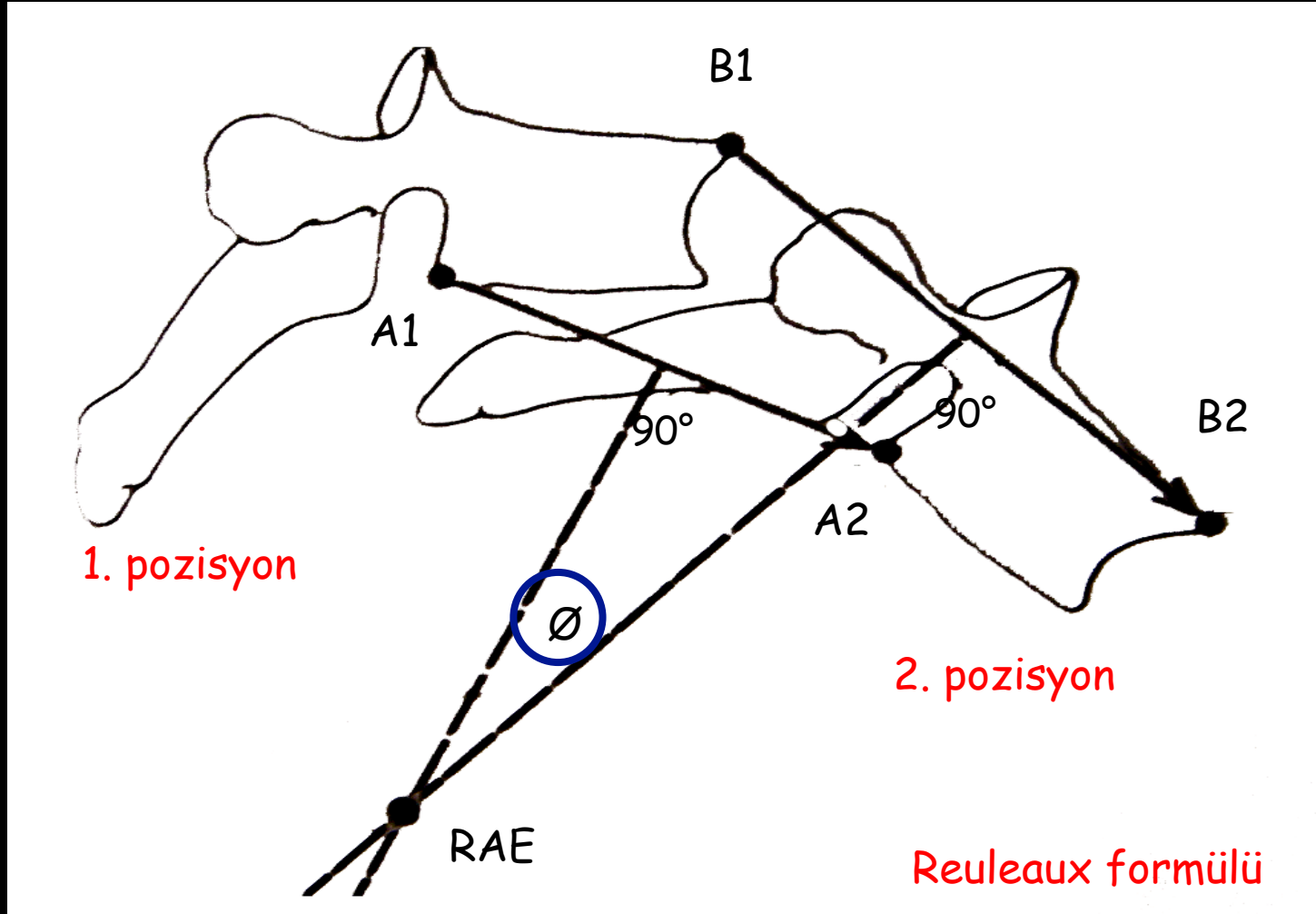
Konu Başlıkları

- Rotasyonun Anlık Ekseni (RAE, IAR)
- Hareket Aralığı (ROM)
- Stabilizasyon Teknikleri ?
 - Anterior servikal stabilizasyon
 - Posterior servikal stabilizasyon
 - Özellikli servikal stabilizasyon
 - Lomber stabilizasyon
- Başarılı Fiksasyon
- Fiksasyon Uygulamalarının İpuçları
- Dayanım Testleri
- Yenilikler

Rotasyonun Anlık Ekseni ?

Tek Planda RAE ?

2 translasyon vektörü, 1 rotasyon açısı



Tek Planda RAE Doğruluğu ?

GERÇEK KATI CİSİM HAREKETİNİ
GÖSTERMİYOR !

- A1A2 ve B1B2 noktalarının translasyonu tek bir doğrultuda olmayabilir.
- İstatistiksel olarak aynı translasyon vektörlerinin kullanılması gerçekçi değil.

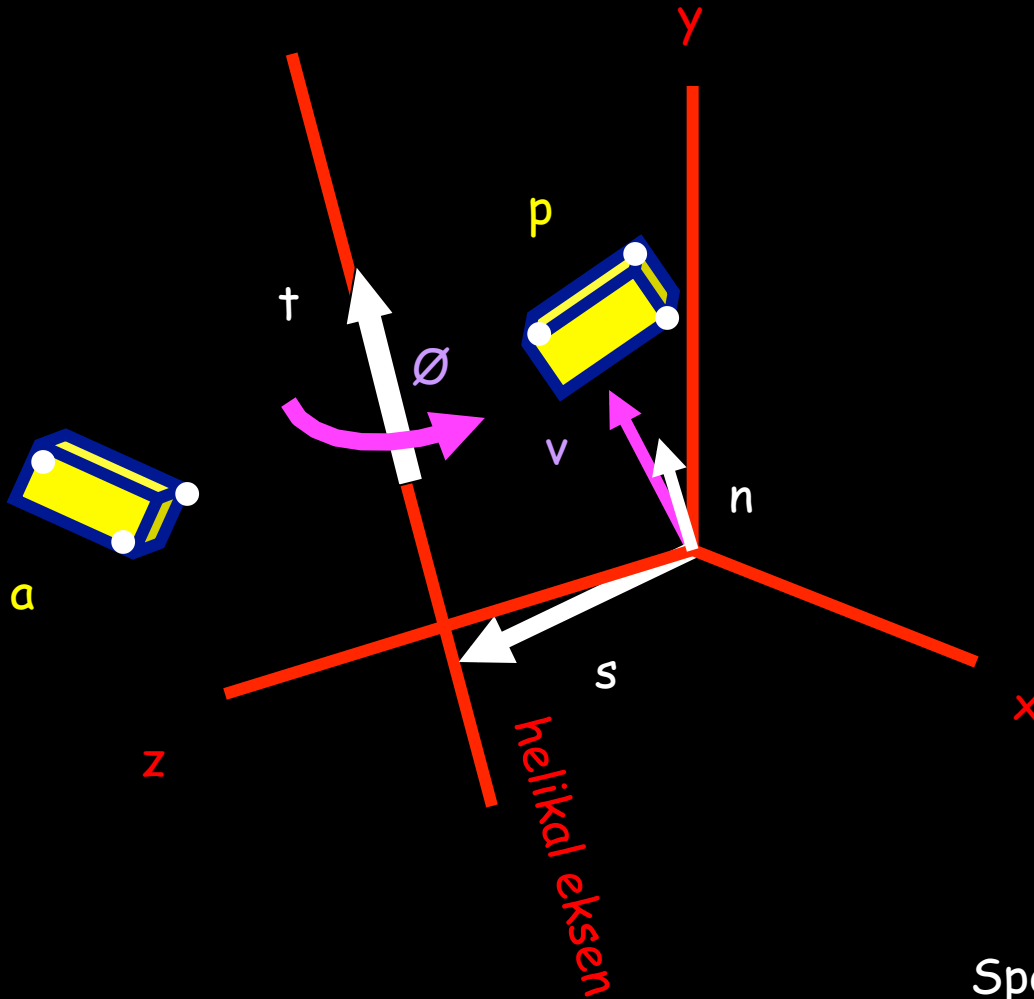
YAKINSAMA OLABİLİR !

Gerçekçi RAE Çözümü ?

- En az 3 noktanın,
- Translasyon vektörü ve rotasyon matriksinin bilinmesi (röntgen sterofotogrametri)

ÜÇ BOYUTLU RAE !

Helikal Rotasyon Ekseni



t; translasyon

Ø; rotasyon açısı

n; birim vektör

v; koordinat sisteminin hareket yönü

s; helikal eksene koordinat ekseninden en yakın dik vektör

Servikal Helikal Rotasyon Ekseni

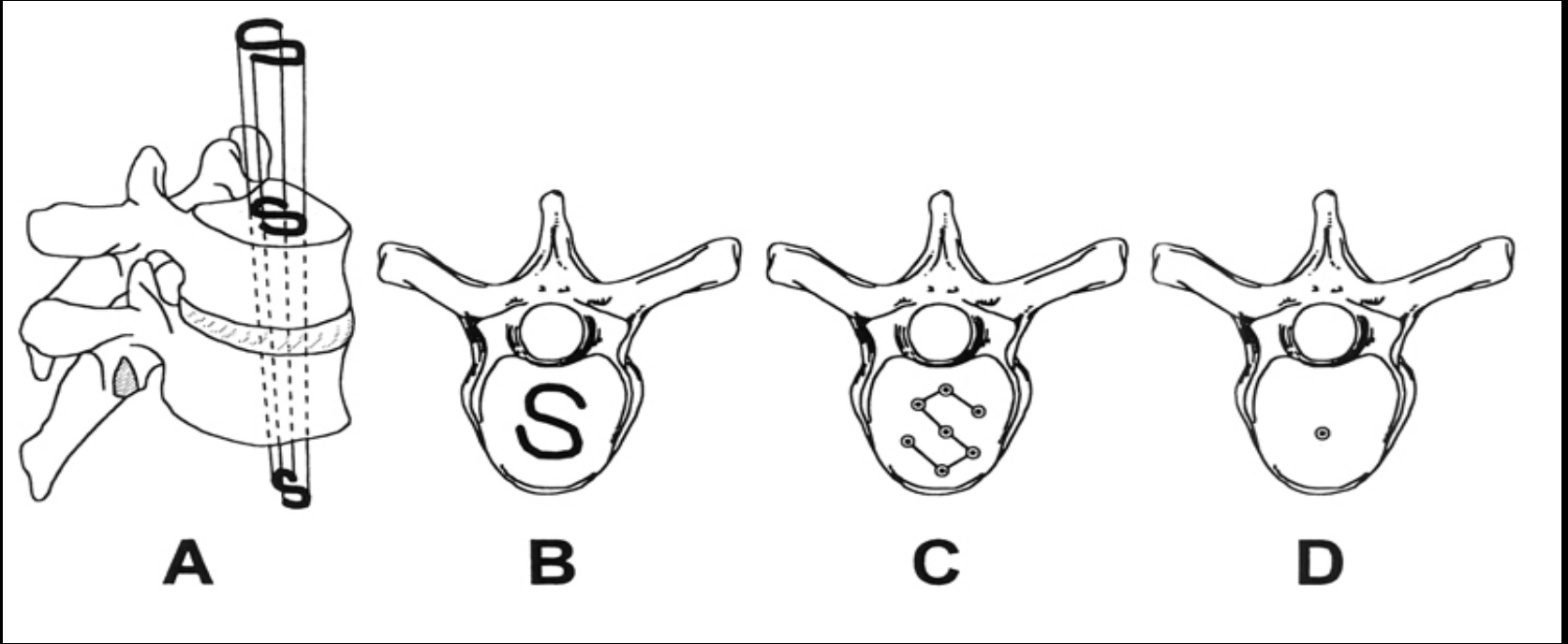
- C2-3 segmenti
- 2 Nm aksiyal rotasyon
- 9.6° sağ aksiyal rotasyon, 8.6° sağ lateral bending ile birlikte birleşik hareket yapıyor.
- Helikal Rotasyon Ekseni yatayla 45° açı yapıyor.

Servikal Helikal Rotasyon Ekseni



RAE İfade Şekilleri

Torasik bölge



3 boyutlu

2 boyutlu

en az 7 nokta
(finite axes of rotation)

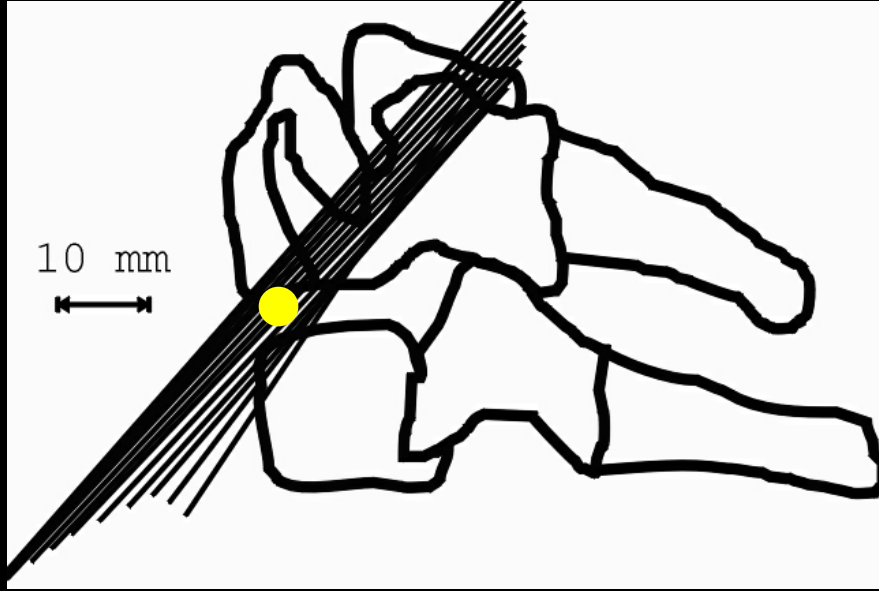
noktasal

Crawford NR, BNI

Destabilizasyon Durumunda RAE

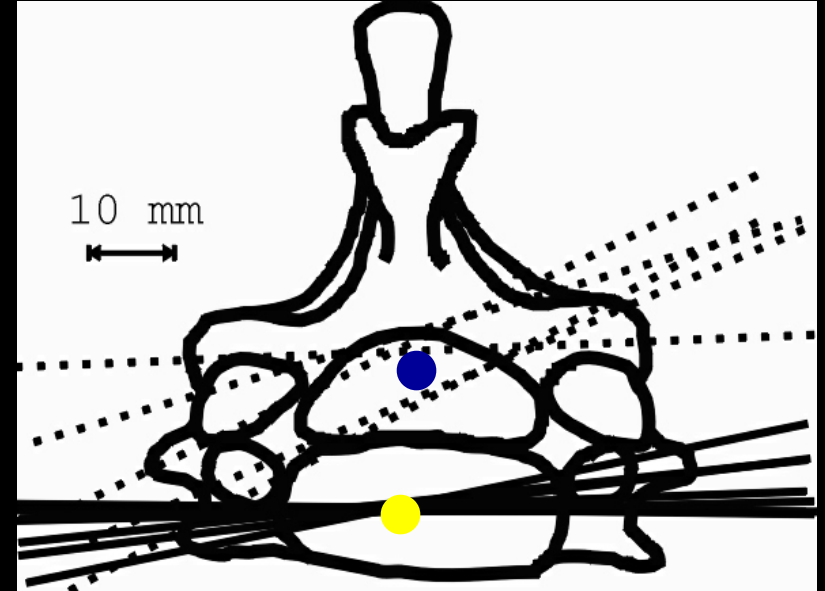
C5-C6 FSU

aksiyal rotasyon,
lateral bending ile birleşik hareket



NORMAL

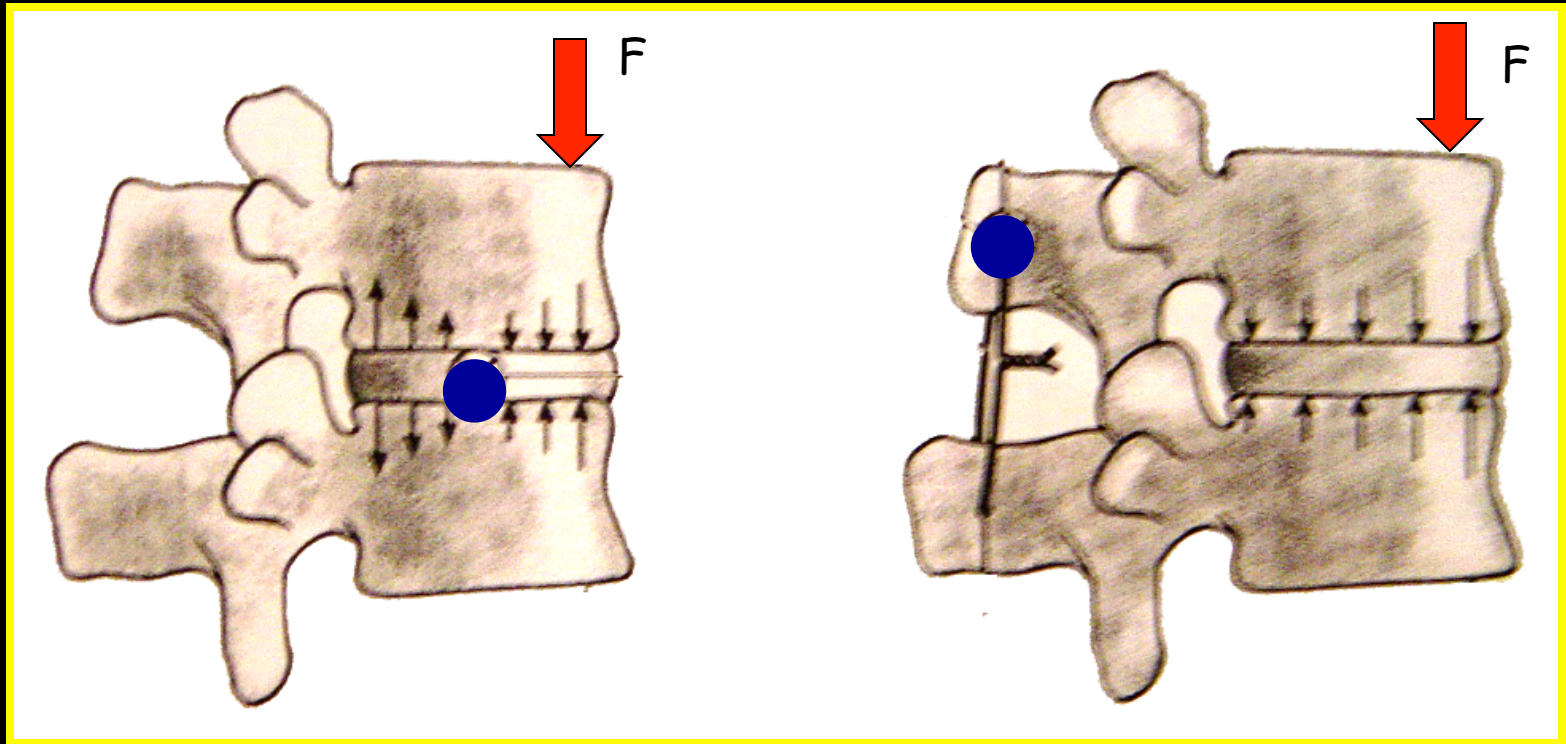
ekstansiyon RAE' si
yer deęiřtiriyor



ALL REZEKSİYONU SONRASI

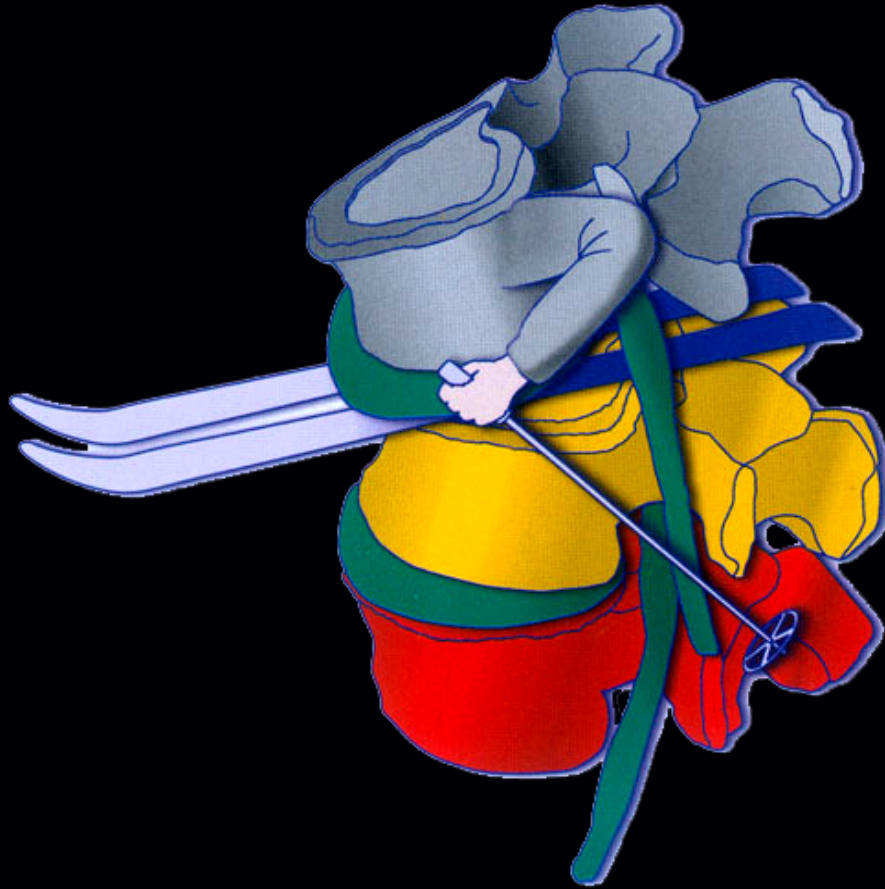
Fiksasyonun RAE'ye Etkisi

Posterior tel fiksasyon

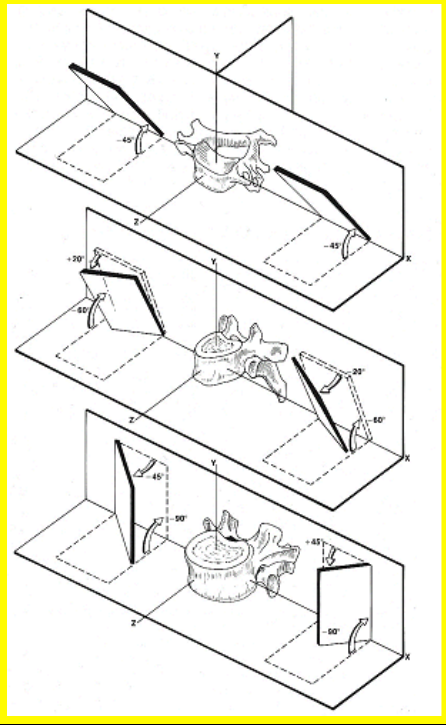


● RAE

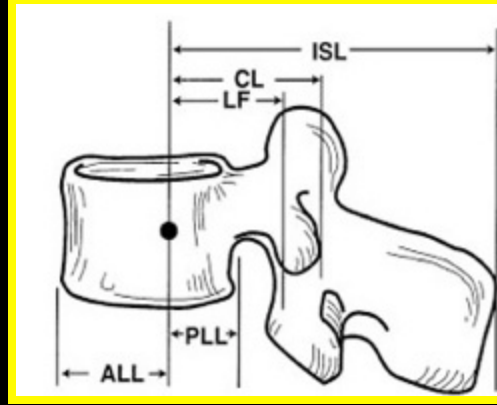
Hareket Aralığı ?



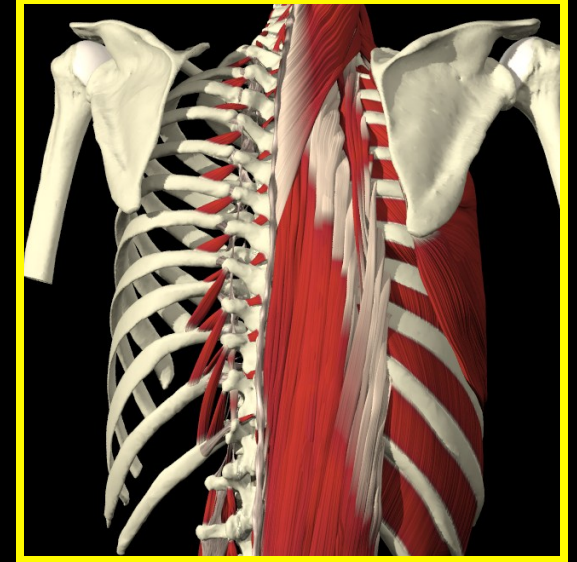
Hareketi Saęlayan Yapılar



Fasetler



Ligamanlar



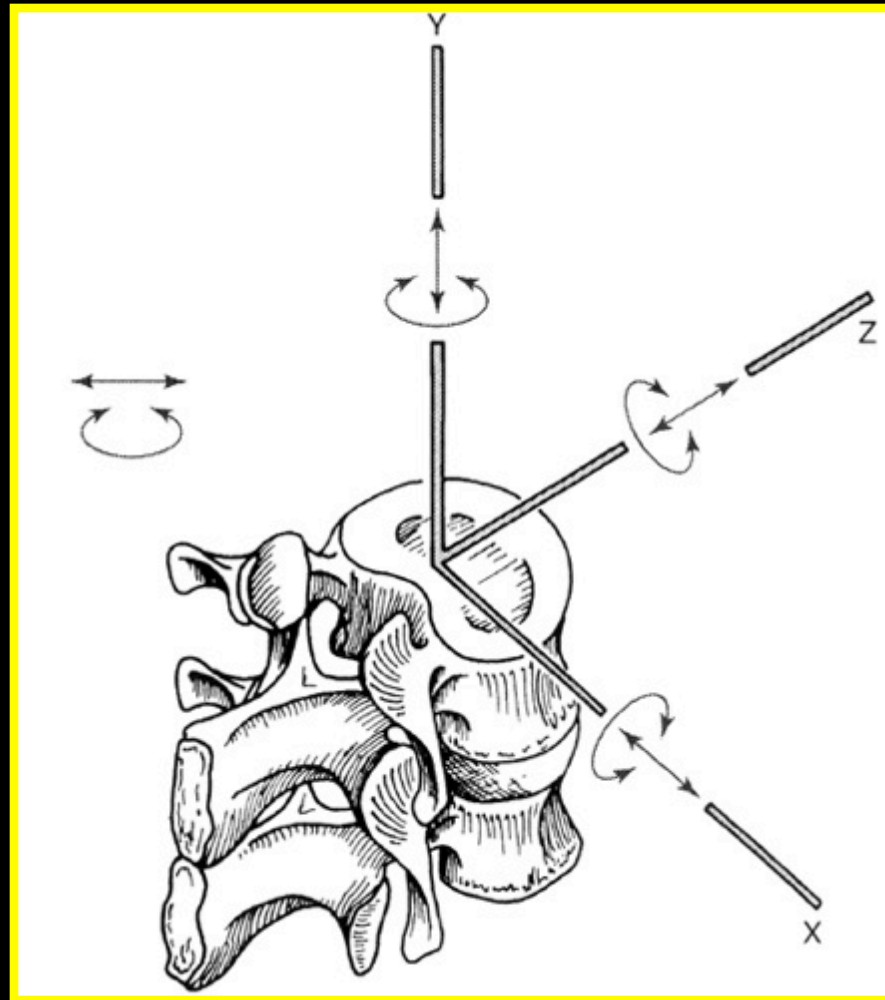
Adaleler



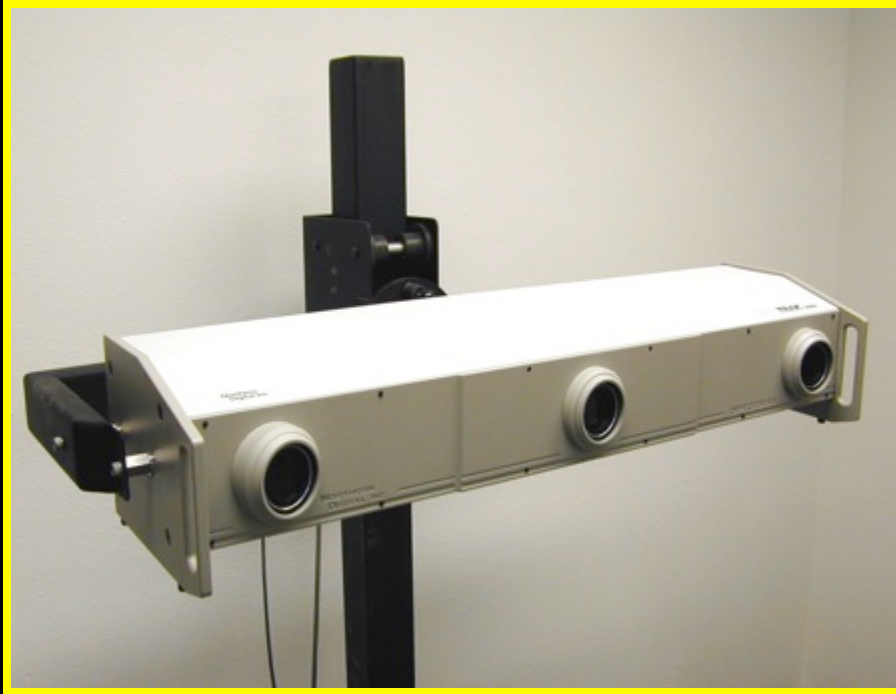
İntervertebral disk

6 Serbestlik Derecesi

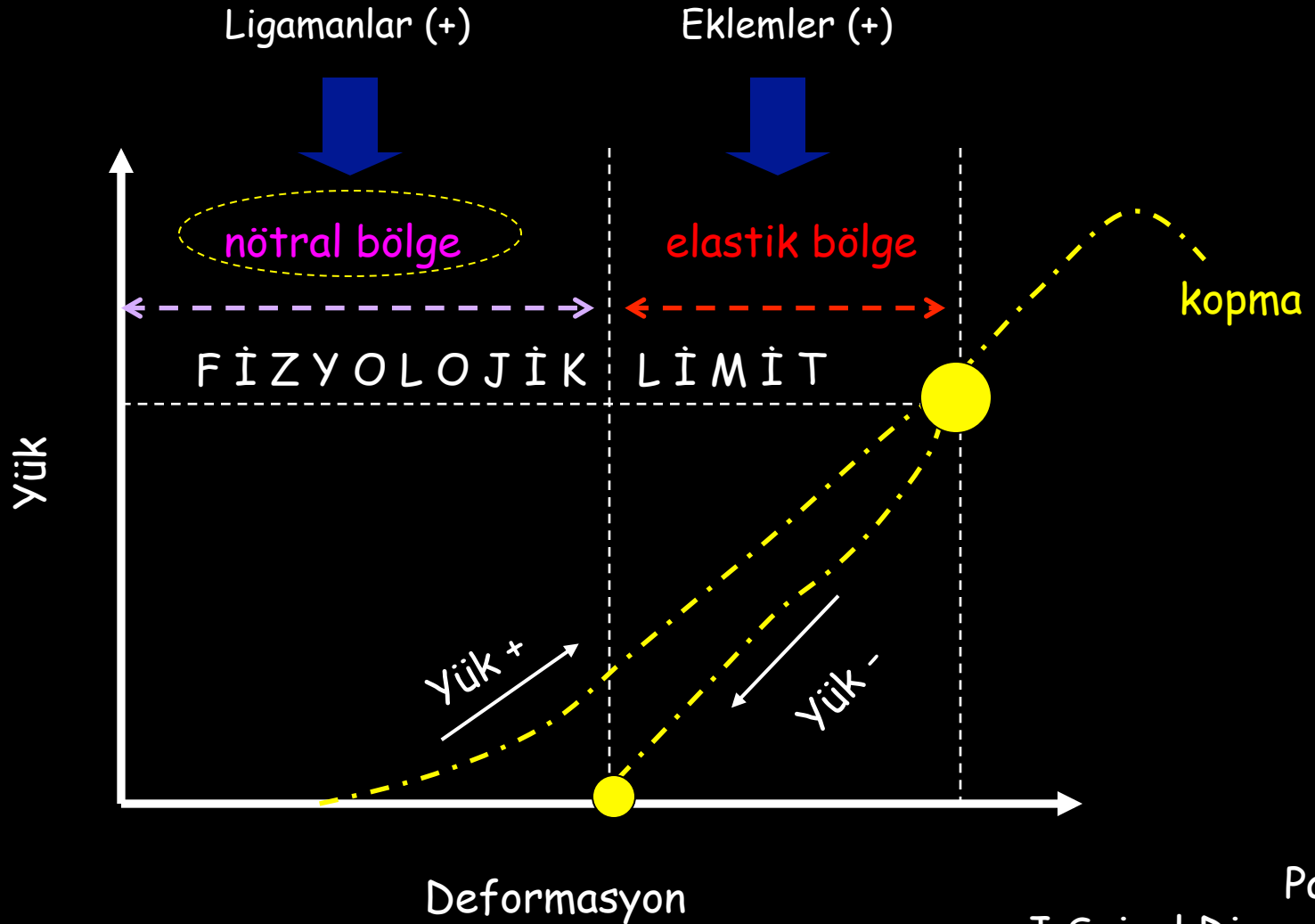
Translasyon
Rotasyon



Hareket Aralığı Ölçümü



Hareket Aralığı (ROM)



Servikal RAE

Sagittal plan



Servikal Hareket Aralığı (°)

	C0-C1	C1-C2	C2-C3	C3-C4	C4-C5	C5-C6	C6-C7
Fleksiyon	7.2±2.5	12.3±2.0	3.5±1.3	4.3±2.9	5.3±3.0	5.5±2.6	3.7±2.1
Ekstansiyon	20.2±4.6	12.1±6.5	2.7±1.0	3.4±2.1	4.8±1.9	4.4±2.8	3.4±1.9
Aksiyal Rotasyon	9.9±3.0	56.7±4.8	3.3±0.8	5.1±1.2	6.8±1.3	5.0±1.0	2.9±0.8
Lateral Bending	9.1±1.5	6.5±2.3	9.6±1.8	9.0±1.9	9.3±1.7	6.5±1.5	5.4±1.5

Panjabi, Spine 2001

Birleşik Hareket

Üst servikal bölge

Sol aksiyal
rotasyon

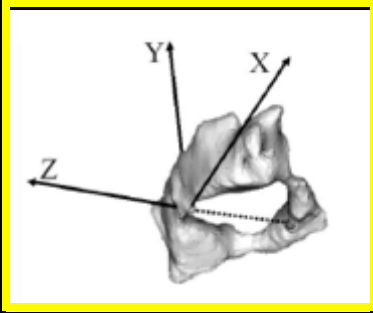
Normal
pozisyon

Sağ aksiyal
rotasyon



Rotasyonun karşı yönünde lateral bending ve ekstansiyon

Birleşik Rotasyon (aksiyal rotasyonda)



In vitro

Panjabi (2001)

In vivo

Iai (1989)

Ishii (2004)

C1-C2

AR	LB (b)	FE (b)
28.4	3.1	-3.5
38	11	-
36.3	3.8	-6.8

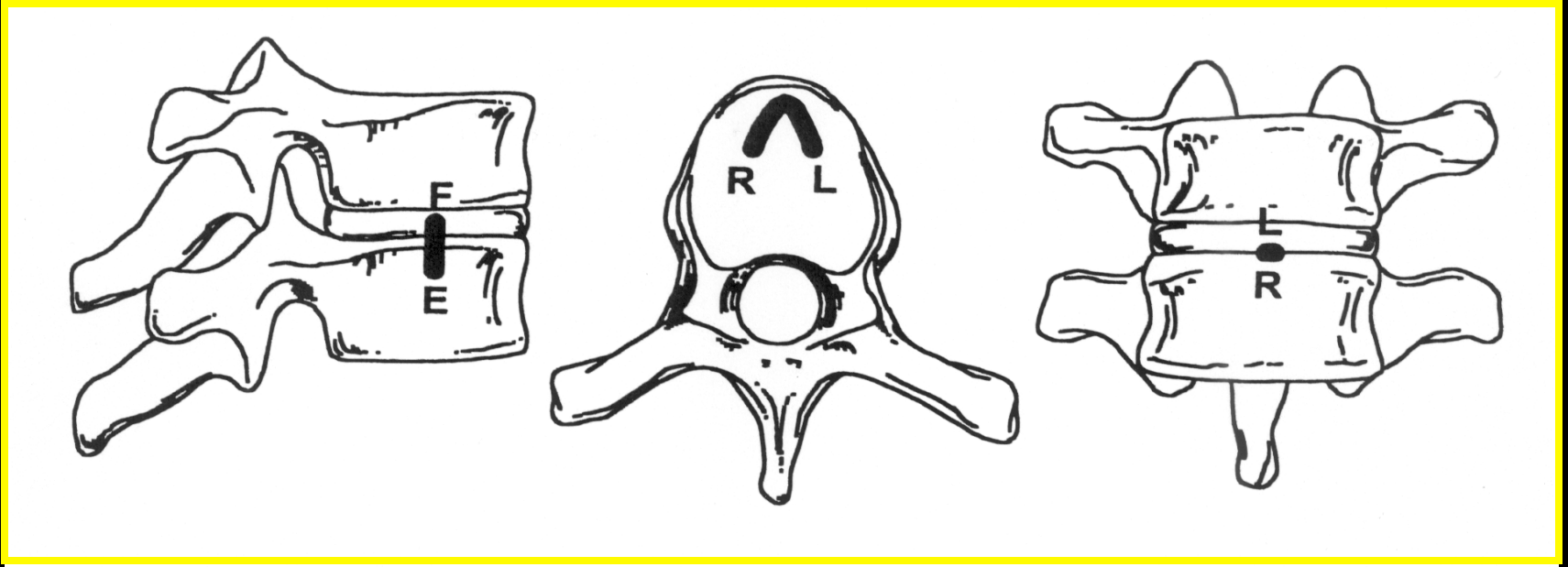
Değerler derecedir

Torakal Rotasyonun Anlık Ekseni

Sagittal plan

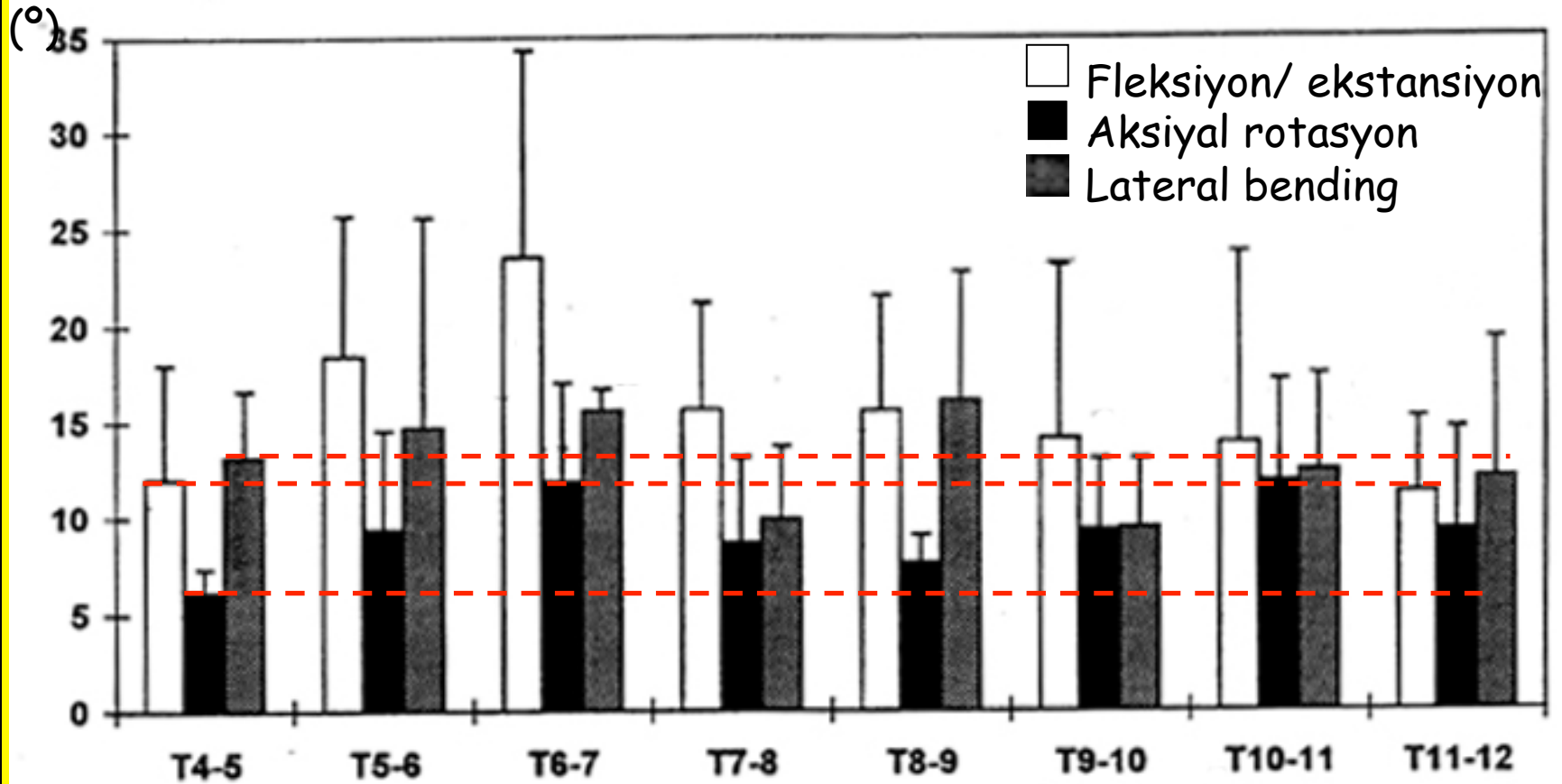
Aksiyal plan

Koronal plan



- Fleksiyon, ekstansiyon ve lateral bendinglerde IAR 'da önemli farklılık yok.
- Sağ ve sol aksiyal rotasyonlarda IAR noktası önemli ölçüde değişiyor. (Ortalama 3.7 ± 2.9 mm)

Torakal Hareket Aralığı (°)



Fleksiyon/ ekstansiyon en fazla T6-7' de
Lateral Bending en fazla T8-9' da
Aksiyal Rotasyon en fazla T10-11' de

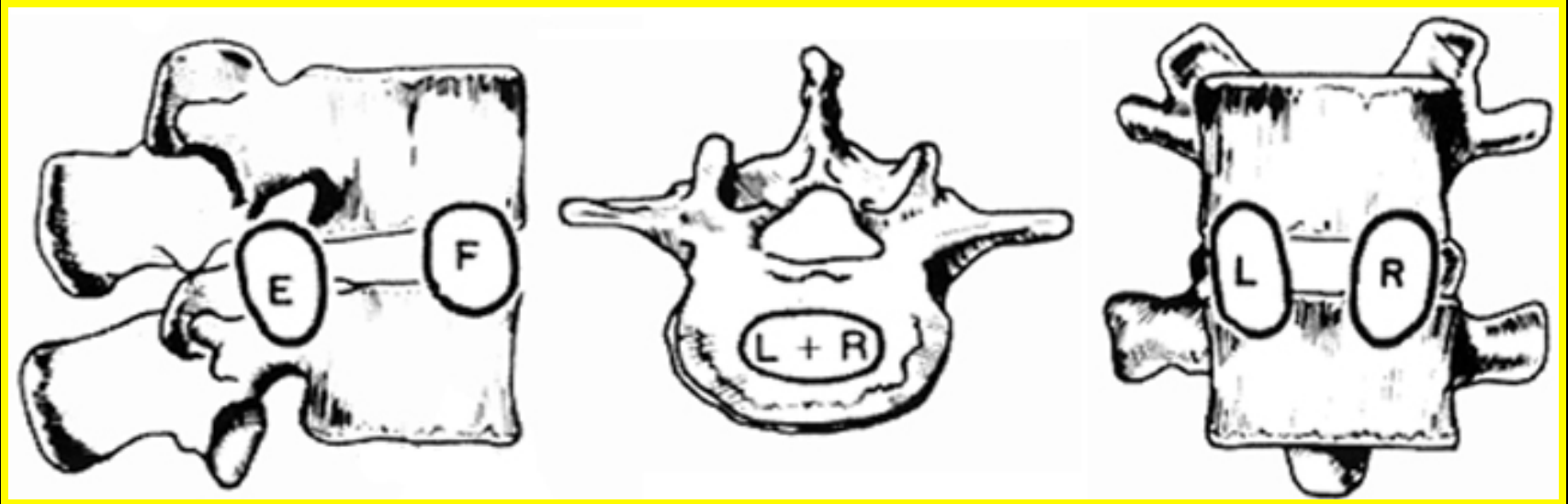
25°
16°
14°

Lomber Rotasyonun Anlık Ekseni

Sagittal plan

Aksiyal plan

Koronal plan



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

Stabilizasyon Teknikleri ?

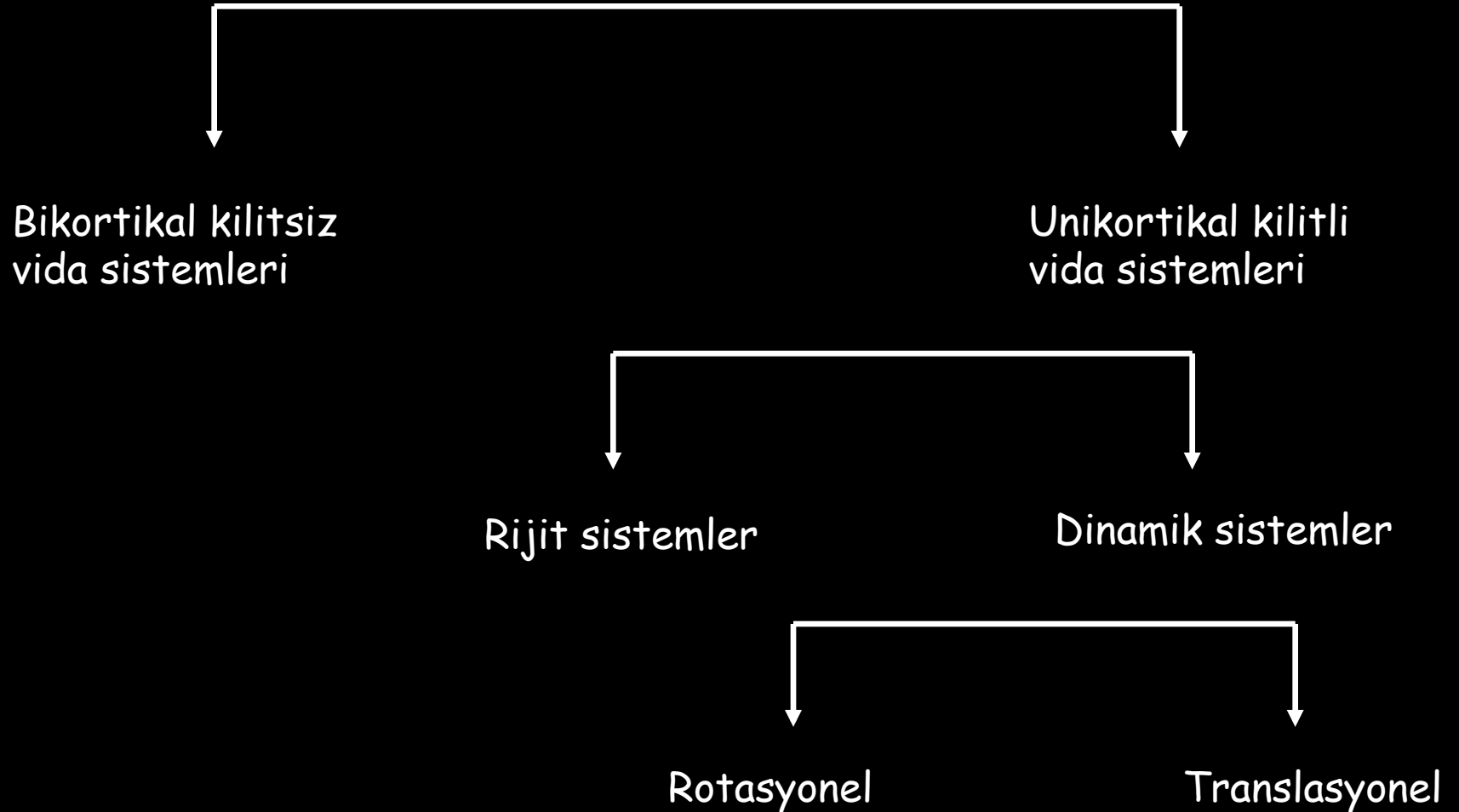
AMAÇ

Bozulan RAE' ini eski haline getirebilmek !

Normal hareket aralığını sağlayabilmek !

Anterior Servikal Stabilizasyon

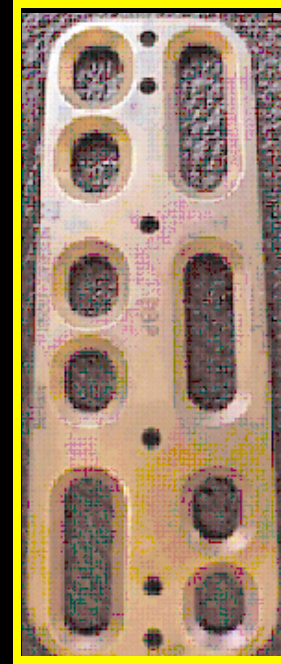
Servikal Anterior Plaklar



Bikortikal kilitsiz vida sistemleri

Vida açılanabilir
Sabit moment kolu yok
Vida-plak fiksasyonu kısıtlı
Rijit sistem değiller

Caspar (Aesculap)



ASIF (Synthes)



1970

1980

Unikortikal kilitli vida sistemleri

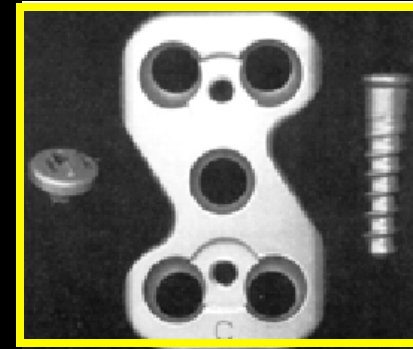
Vida açısı sabit
Vida-plak fiksasyonu sabit
Vidanın geri çıkması yok

CSLP (Synthes)



Vida açısı sabit
Plak lordozu mevcut
Vida ucuna doğru inceliyor
(*tapered*)

Orion (Medtronic
Sofamor Danek)



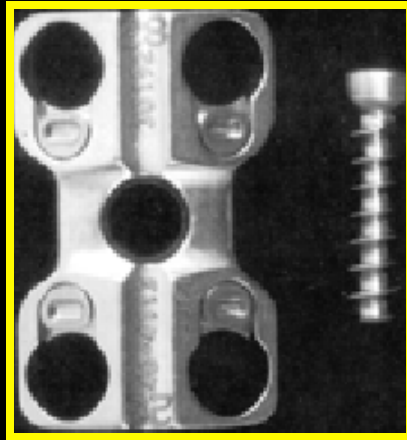
1984-1986

Unikortikal kilitli vida sistemleri

Rotasyonel Dinamik Sistemler

Vida açıları değişebilir

Codman (Codman)



Zephir (Medtronic Sofamor Danek)



Atlantis (Medtronic Sofamor Danek)



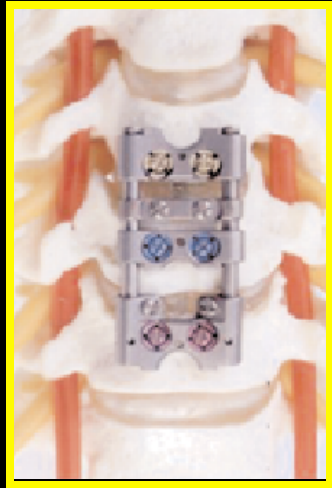
2000 ve sonrası

Unikortikal kilitli vida sistemleri

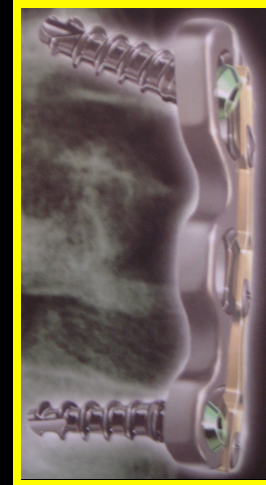
Translasyonel Dinamik Sistemler

Rodlar üst vidalarda translasyon yapar
Arabağlantı *kontrollü dinamizm* sağlıyor

DOC (Depuy Acromed)



Premier (Medtronic Sofamor Danek)

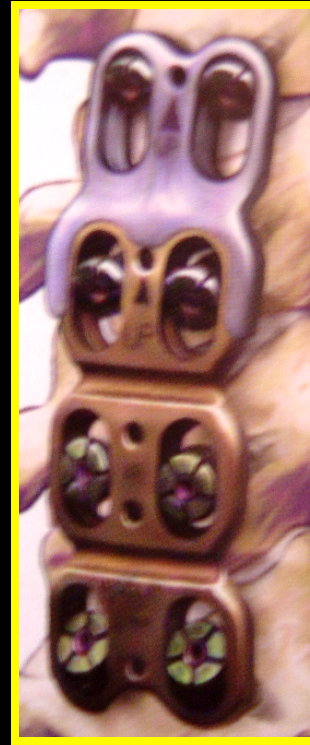


2000 ve sonrası

Unikortikal kilitli vida sistemleri

Translasyonel ve Rotasyonel Dinamik Sistemler

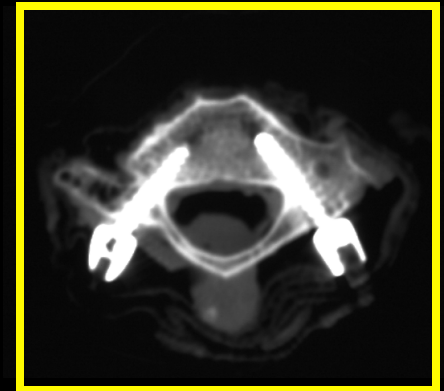
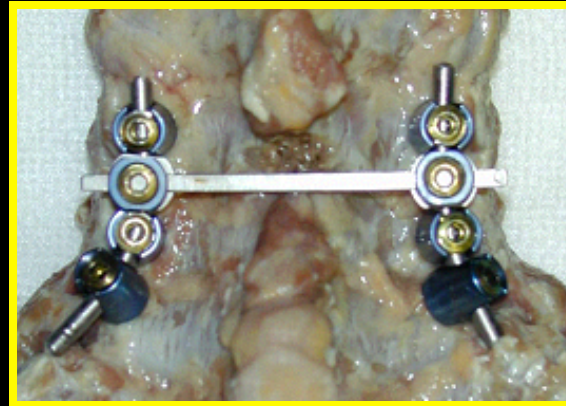
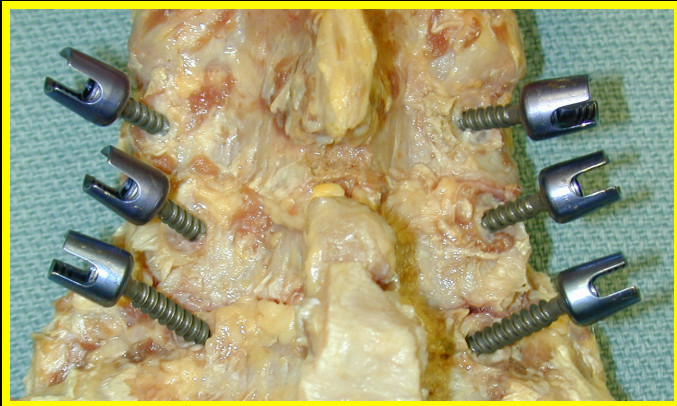
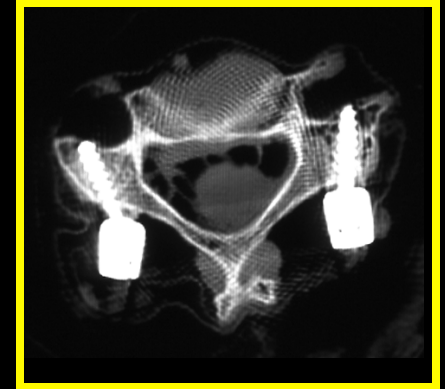
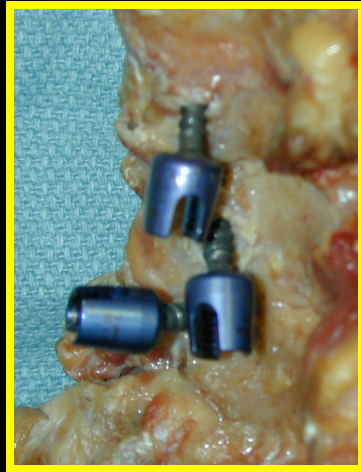
ABC (Aesculap)



2000 ve sonrası

Posterior Servikal Stabilizasyon

Posterior Servikal Fiksasyon



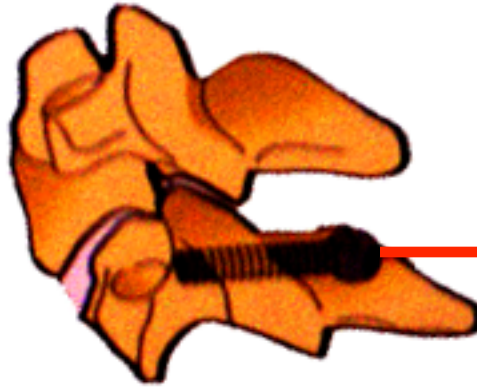
Vertex, Medtronic Sofamor Danek

Lateral Mass Vida Uygulaması

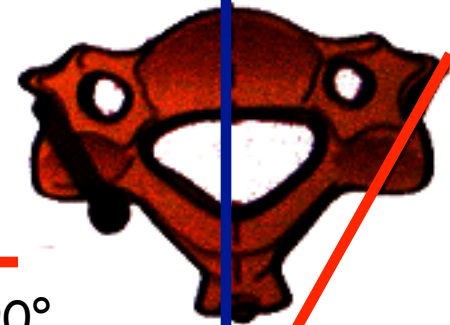
1972



Roy-Camille

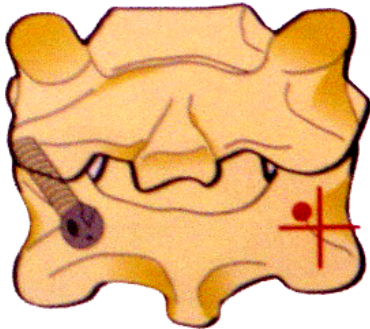


90°

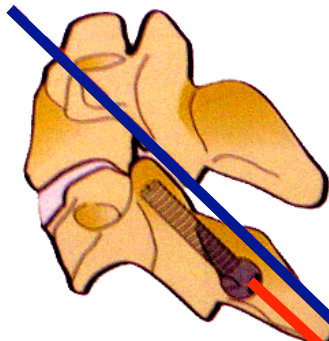


10°

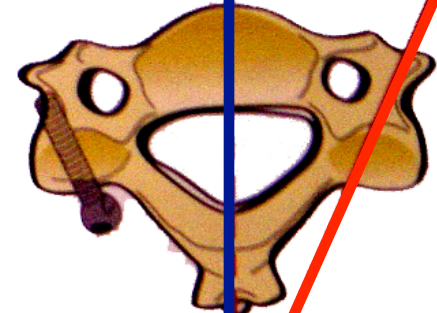
1991



Magerl



45°



25°

Lateral Mass Vida Pullout Dayanımı

En büyük pullout direnç	Uygulama şekli	Dayanım
3.5 mm kortikal vida	Bikortikal	448±253 N
Orta derece pullout direnç		
2.7 mm kortikal vida	Bikortikal	321±223 N
3.5 mm kortikal vida	Unikortikal	289±231 N
3.5 mm spongioz vida	Unikortikal	277±126 N
En düşük pullout direnç		
3.5 mm self-tapping vida	Bikortikal	236±124 N
3.5 mm self-tapping vida	Unikortikal	216±166 N

Lateral Mass Vida Uygulamaları

Roy-Camille	vida pullout	152 N
Magerl	vida pullout	585 N

Roy-Camille	vida pullout	471 N
Magerl	vida pullout	607 N

Magerl Tekniği > Roy-Camille Tekniği

Montesano ve ark., Spine 1991
Errico ve ark., J Spinal Disord 1992

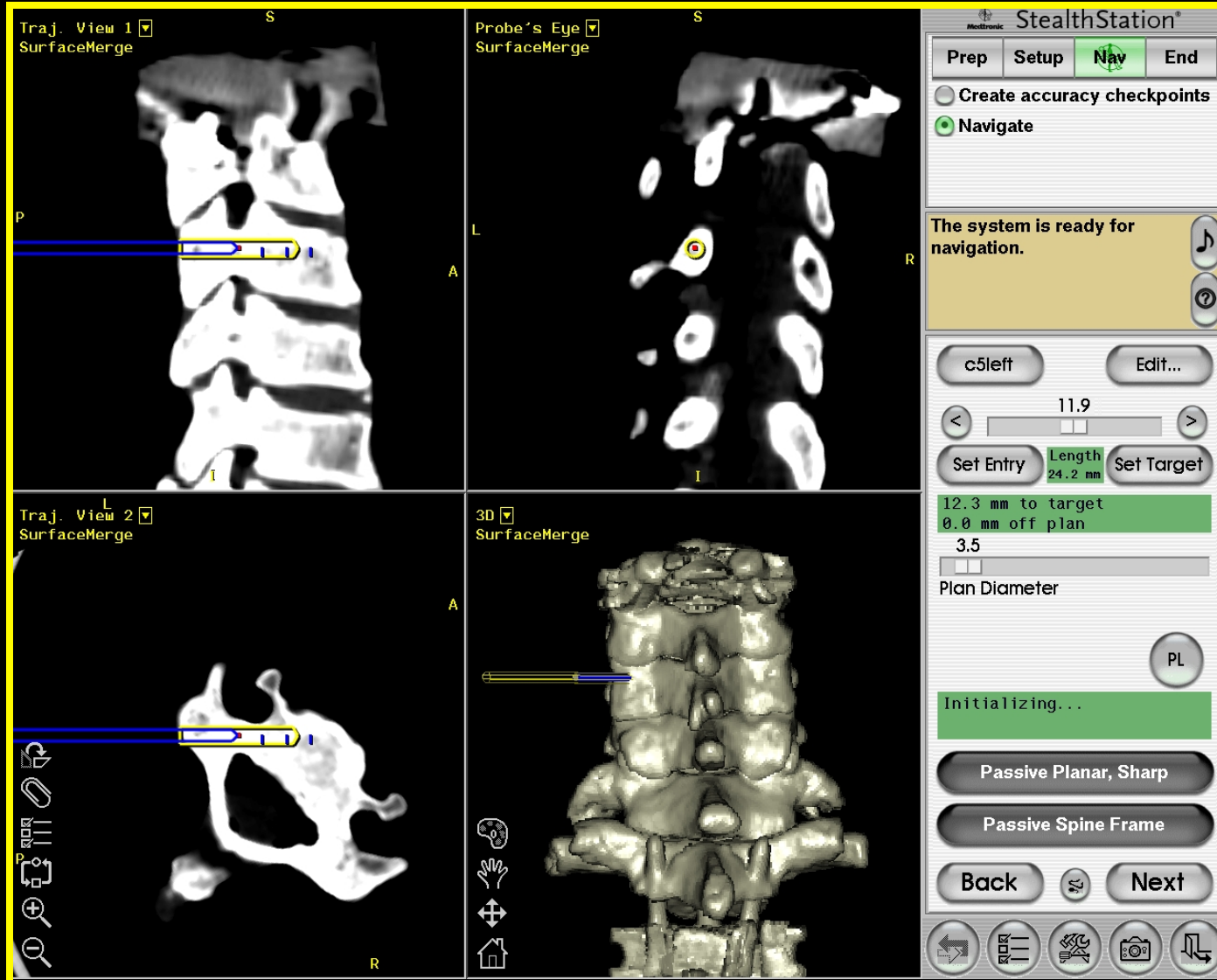
Lateral Mass Vida Uygulaması

Roy-Camille (266 ± 124 N) ve Magerl (231 ± 94 N) uygulamaları arasında vida pullout yönünden **çok büyük farklılık bulunmamaktadır.**

- Roy-Camille C3-4' de %23 daha dayanıklı.
- C5-6' da Roy-Camille ve Magerl aynı dayanımda.

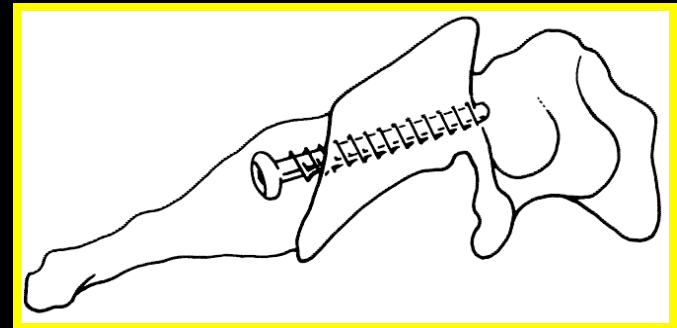
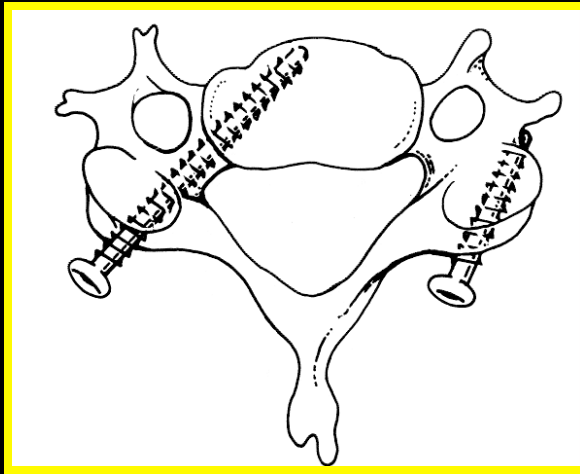
Magerl Tekniği = Roy-Camille Tekniği

Servikal Pedikül Vida Uygulaması



Lateral mass ? Pedikül vidası ?

- Lateral mass vida pullout 355 N
 - 3.5 mm bikortikal (Ann tekniği)
- Pedikül vida pullout 677 N
 - 3.5 mm unikortikal



Servikal Pedikül Vida Uygulaması

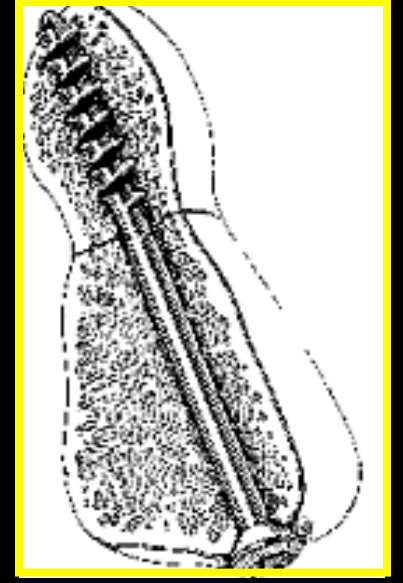


C5-6-7 mesafesi- üç kolon hasarı olan durumlarda pedikül vida/rod sisteminin stabilizasyon yönünden pedikül vidası- lateral mass vidası/rod kombine sistemine belirgin bir üstünlüğü bulunmamaktadır.

Özellikli Servikal Stabilizasyon

Odontoid Vida Fiksasyonu

- İki vidanın bir vidaya göre klinik ve biyomekanik üstünlüğü yok.



Jenkins ve ark., J Neurosurg 1998

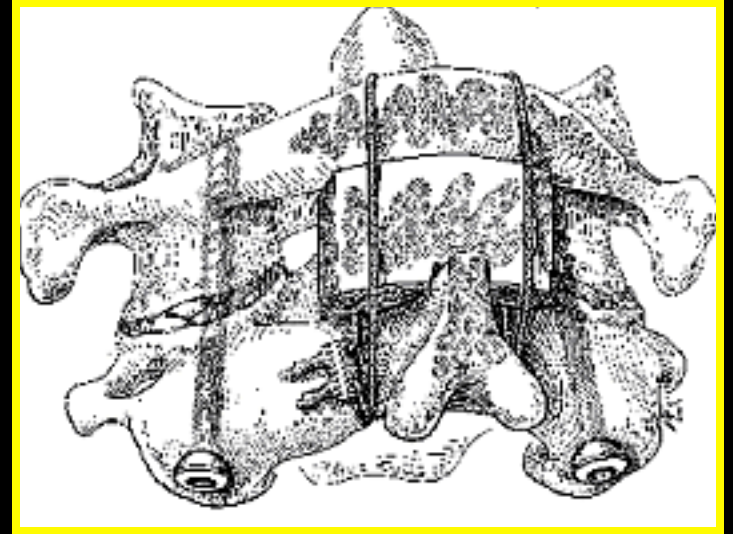
McBride ve ar., Spine 1995

Sasso ve ark., Spine 1993

Özer ve ark., The Journal of Turkish Spine Surg 1998

Posterior C1-2 Fiksasyon

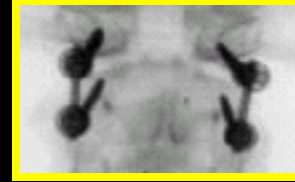
- C1-2 kemik greft-tel fiksasyonuna transartikuler vida eklenmesi ile aksiyal rotasyon ve lateral bending daha çok önlenmiş olmaktadır.



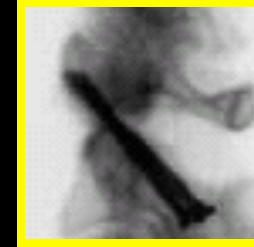
Marcotte ve ar., J Neurosurg 1993
Naderi ve ark., Spine 1998

Anterior- Posterior C1-2 Fiksasyonu

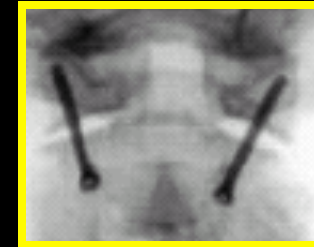
- Posterior C1 LM, C2 pedikül vida fiksasyonu



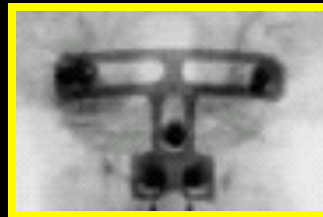
- Posterior C1-2 transartikuler fiksasyon



- Anterior C1-2 transartikuler vida fiksasyonu

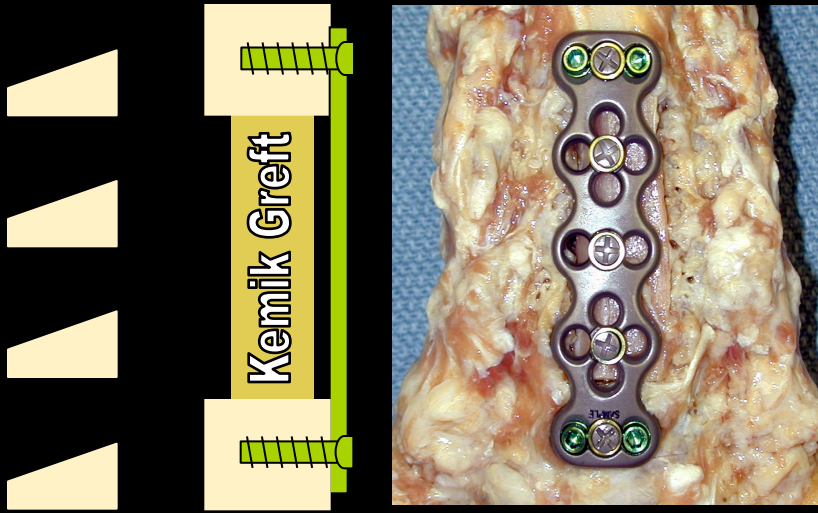


- Anterior C1-2 plak fiksasyonu

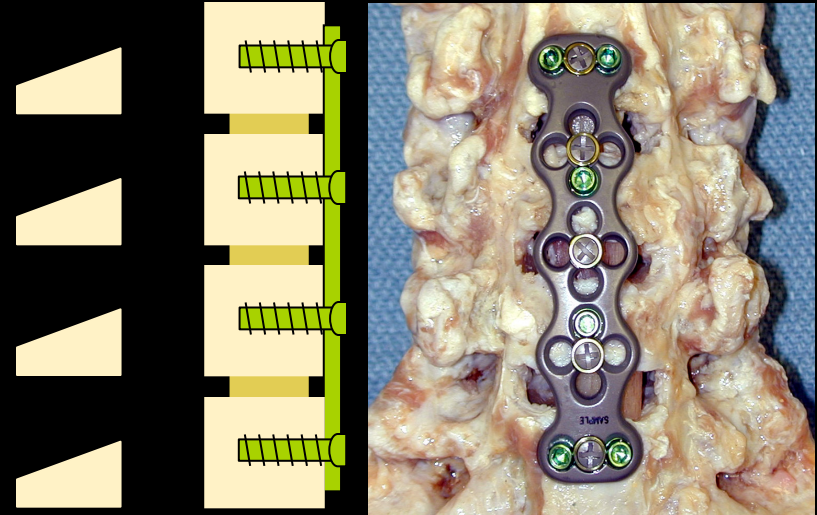


Servikal Korpektomi ? Diskektomi ?

2 seviye korpektomi



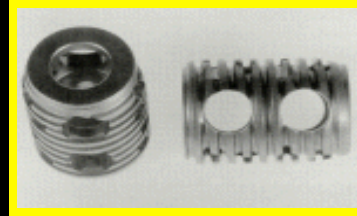
3 seviye diskektomi



Her iki grupta anterior plak ile yeterli stabilizasyon sağlanıyor

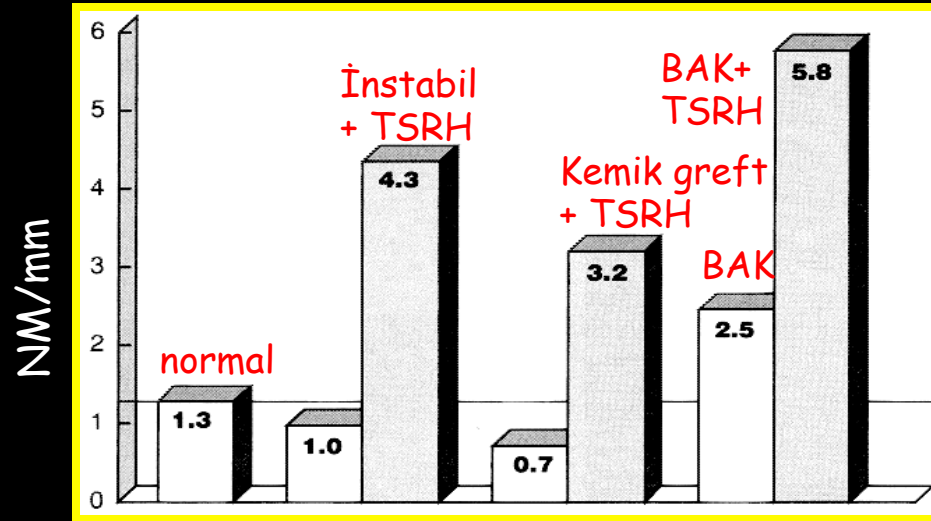
Lomber Stabilizasyon

Lomber İntervertebral Kafesler

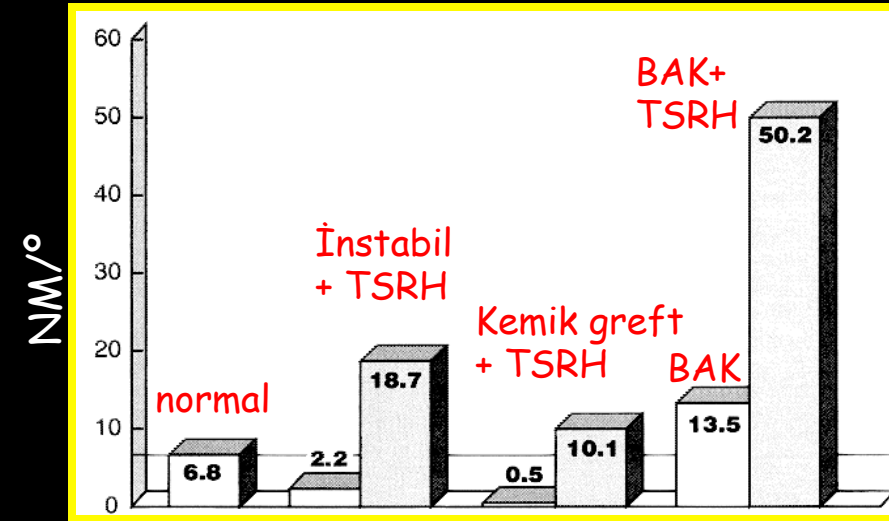


BAK Kafes

Fleksiyon/ekstansiyon kısıtlaması



Torsiyon kısıtlaması



- Sagittal plan harekette, BAK kafes kemik greftten daha stabil
- Torsiyonda, BAK yalnız başına kemik greft + TSRH kadar stabil

Lomber İntervertebral Kafesler

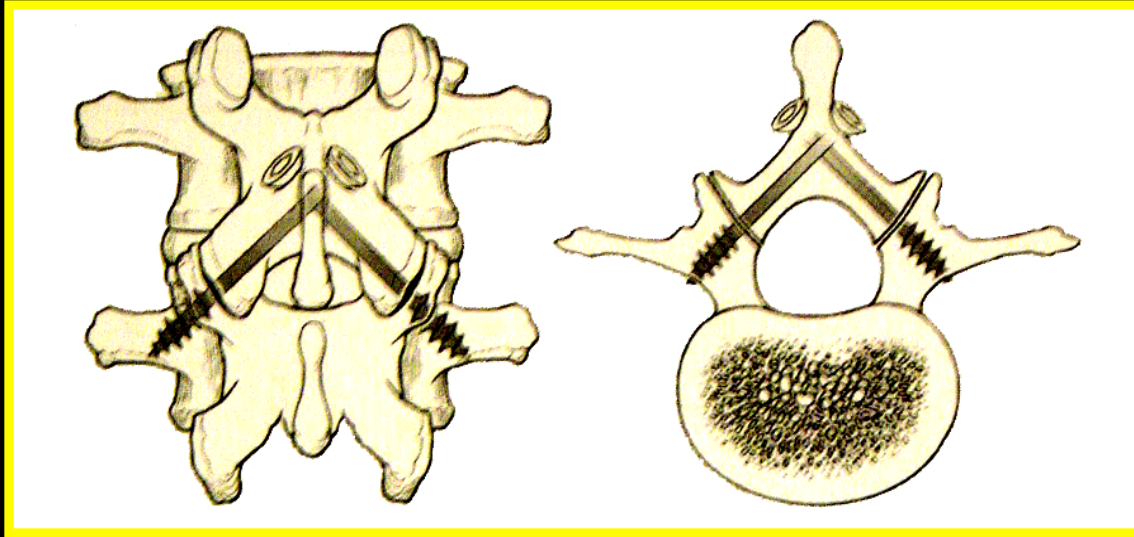
- PLIF uygulamalarında;
 - Fleksiyon ve lateral bending' de stabildirler
 - Ekstansiyon ve lateral bending' de stabil değiller

- Tek başlarına ALIF uygulamalarında ekstansiyon dışında stabilizasyon sağlarlar

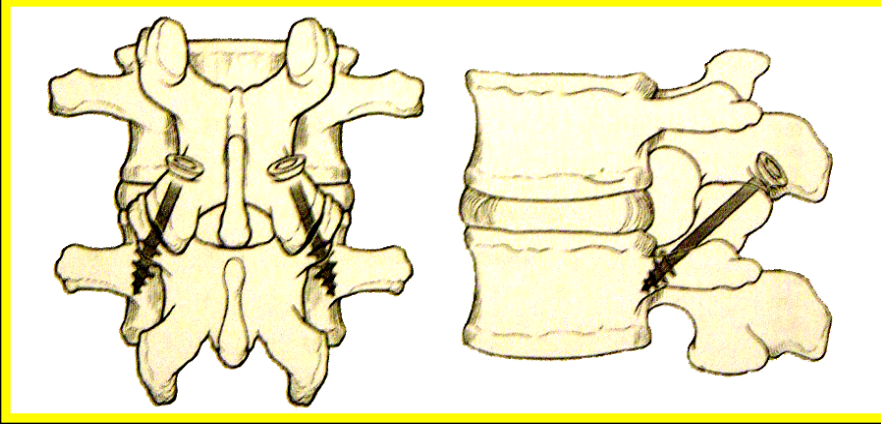
Kettler ve ark., J Neurosurg 2000
Oxland ve ark., JBJS 2000

Translaminar Fiksasyon

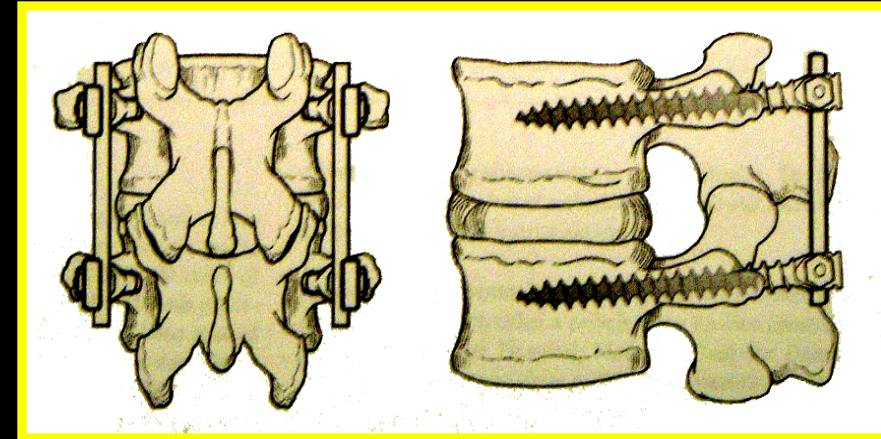
- İntervertebral kafeslerin ekstansiyondaki yetersizliği ortadan kaldırılabilir



Transfaset-pediküler ve Transpediküler Fiksasyon



- İntervertebral kafesler ile birlikte kullanıldığında stabilizasyonu benzer şekilde artırır.



Hangisi Daha İyi ?

- İntervertebral kafesler ile birlikte kullanıldığında;
 - Translaminar
 - Transfaset
 - Transpediküler

EŞİT STABİLİZASYON SAĞLAR

Pedikül Vida Fiksasyonları

- Anterior kolon hasarı yoksa;
 - Pedikül vidaları ile yeterli stabilizasyon sağlanıyor
- Anterior kolon hasarı varsa;
 - Pedikül vidaları tek başına yeterli değil buna intervertebral kafes eklenebilir ancak bu kombinasyon ile komşu segment hareketi artıyor.

GEREKTIĞİ KADAR FİKSASYON FAZLASI DEĞİL !

Anterior ? Posterior ?

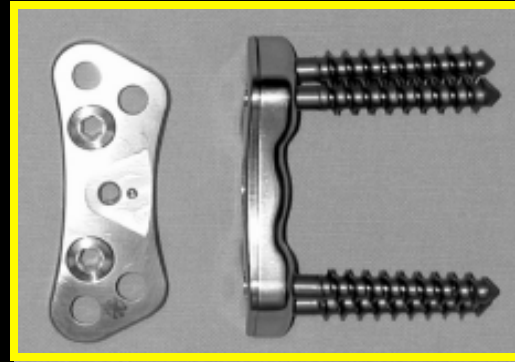
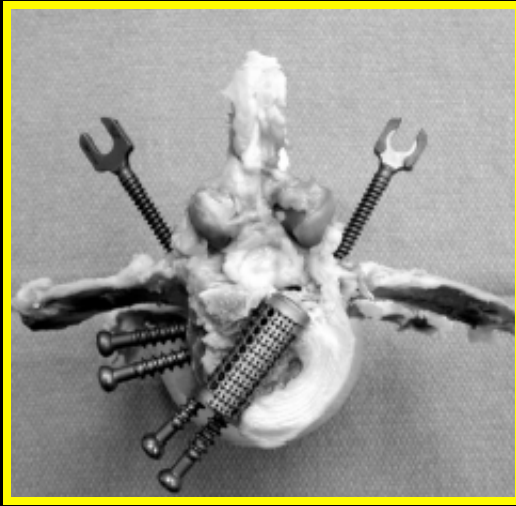
- Tek seviye L3 korpektomi sonrası
 - anterior L2-4 vida-rod fiksasyonu
 - posterior L1-L5 pedikül vida fiksasyonu

YETERLİ STABİLİZASYON SAĞLIYOR

- posterior pedikül vida fiksasyonu özellikle aksiyal rotasyon ve ekstansiyonda anteriora göre daha iyi bir stabilizasyon sağlamaktadır.

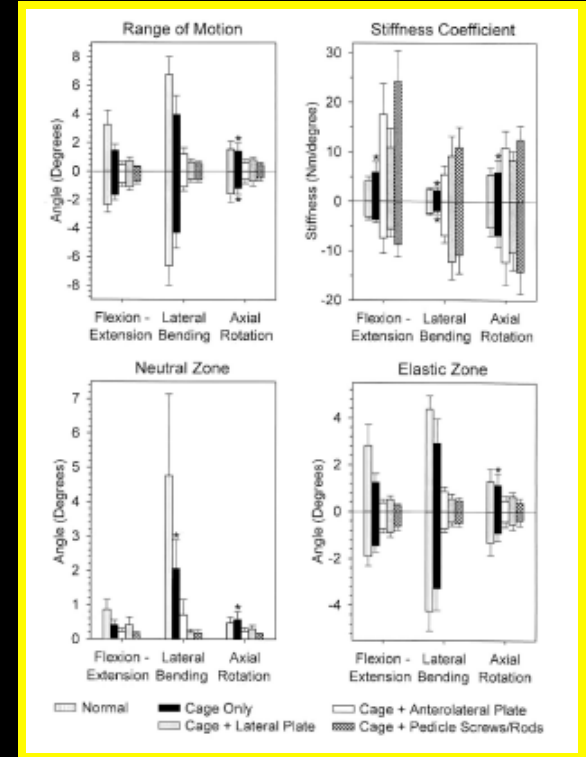
POSTERİOR FİKSASYON İLE KOMŞU SEGMENT HAREKETİ ENGELLENİYOR !

Anterior, Posterior, Kombine Fiksasyon ?



Üst lomber bölgede;

Anterolateral, lateral plak ile tek anterolateral kafesin kombine kullanılması, Pedikül vidası ve tek anterolateral kafesin kombine kullanılması kadar stabilite potansiyeli bulunmaktadır.



Başarılı Fiksasyon İpuçları ?

Minimum Gerilme, Maksimum Dayanım

$$\sigma = M/W$$

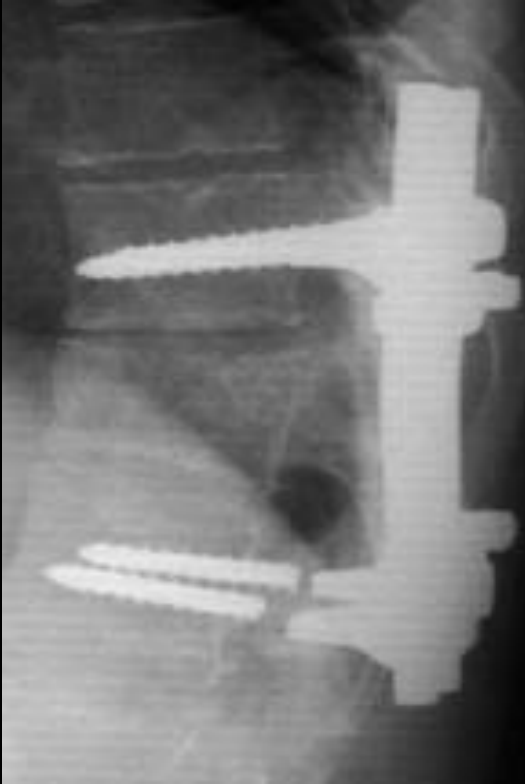
Gerilme=(Moment/Mukavemet Momenti)

$$W = \pi \underline{d}^3 / 32$$

Mukavemet momenti kullanılan vida veya rodun çapının üçüncü dereceden kuvveti ile doğru orantılı olarak etkilenmektedir

Vidalar

- Sabit moment kollu vidalar



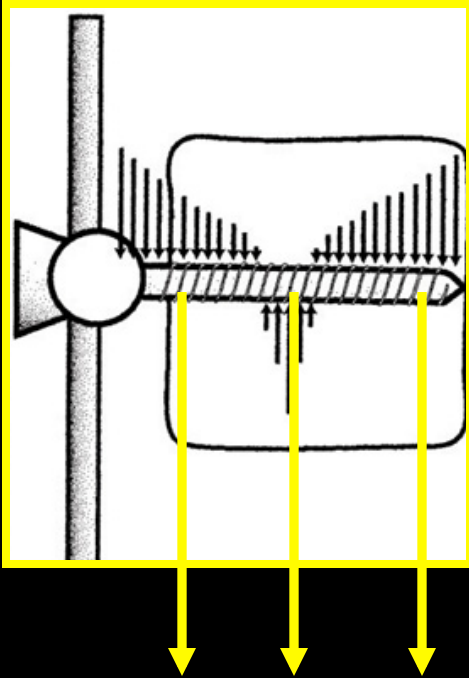
Kırılma noktası



Kırılma noktası

Vidalar

- Dinamik (hareketli) moment kollu vidalar

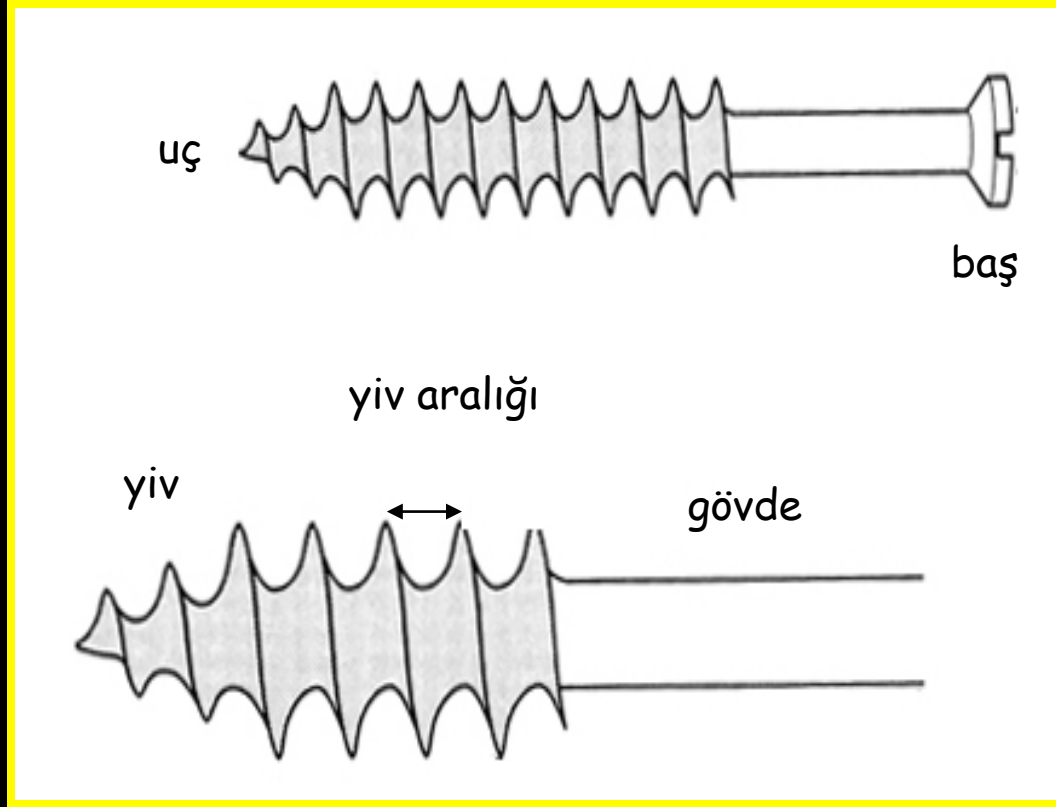


Kırılma noktaları

Kırılma noktası vida boyunca farklı yön ve doğrultuda olmaktadır.

Üç nokta eğilme momenti etkisi !

Vida Anatomisi



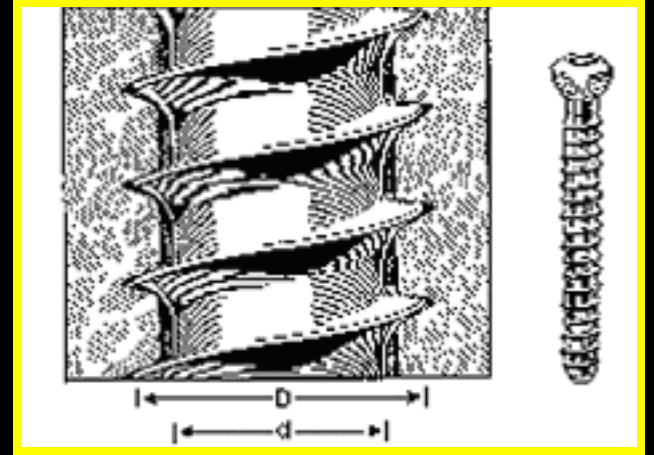
Vida Dayanımı

Vidanın iç çapında 2 kat artış, eğilme momentine dayanımı 8 kat arttırıyor.

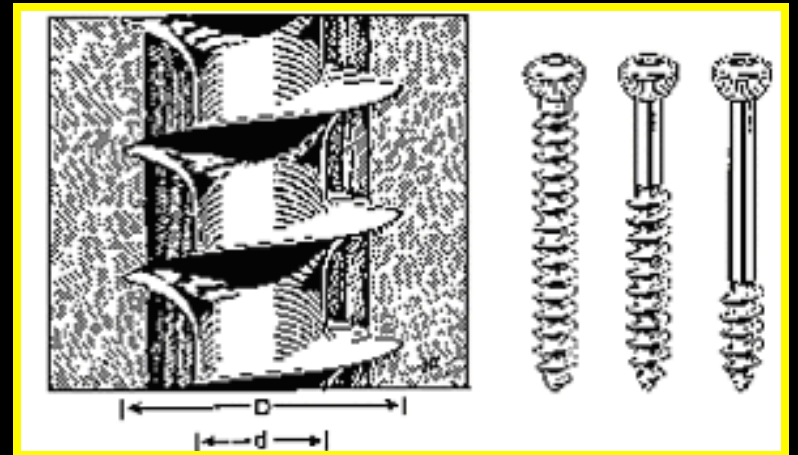


Vida Tipleri

- **Kortikal** (nonself-tapping)
 - Yivleri keskin değil
 - Yivleri tüm vida boyuncaadır
 - Uygulama öncesi yol açılmalı (tap)
 - Çıkartılıp tekrar uygulanabilir

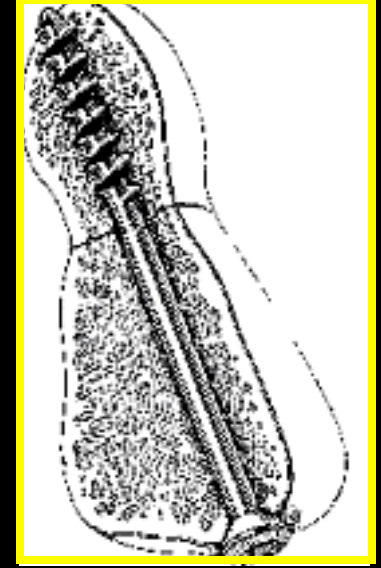


- **Spongioz** (self tapping)
 - Yivleri keskin ve derin
 - Yivleri tüm vida boyunca olmayabilir

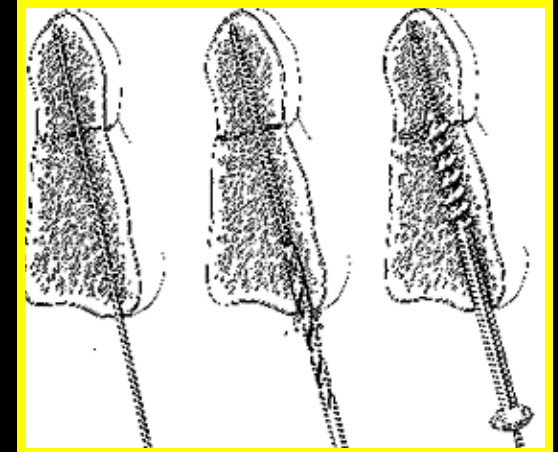


Vida Tipleri

- **Sıkıştırma vidaları** (lag screws)
 - Kemik parçalarını kompresyon ile birleştirir
 - Yivleri distal kemiğe girer



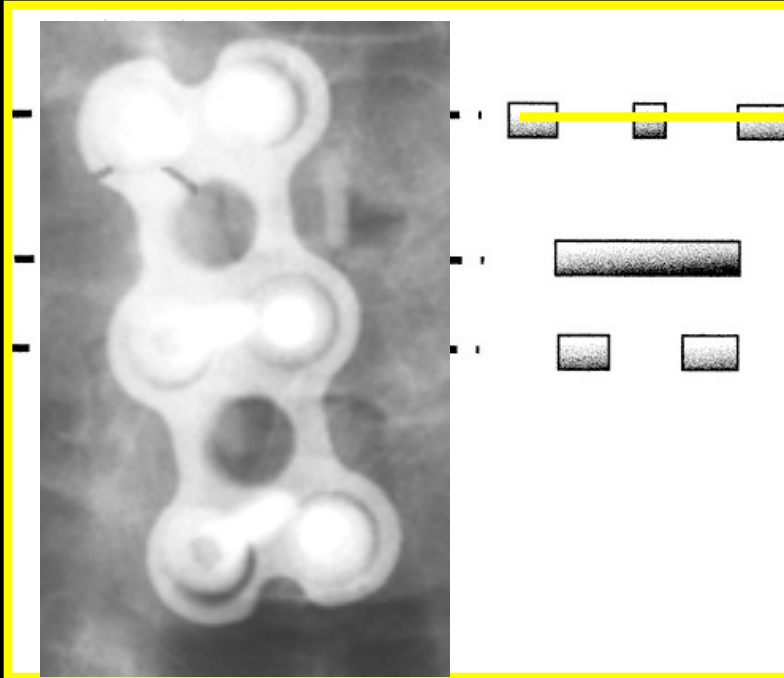
- **Oluklu vidalar** (cannulated screws)
 - Kirshner teli ile kılavuz tel uygulaması



Plaklar

Kesit geometrisi maksimum gerilmeyi belirler.

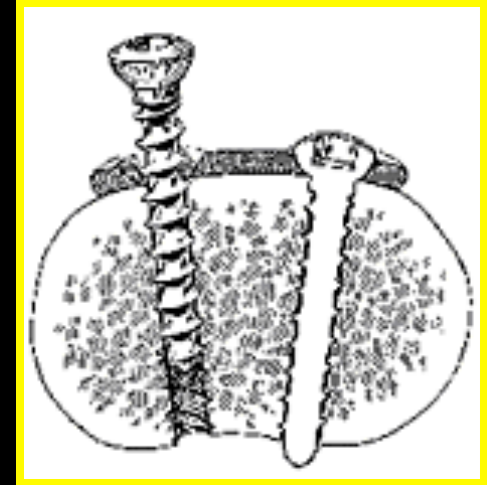
Maksimum gerilme deliklerin çevresindedir.



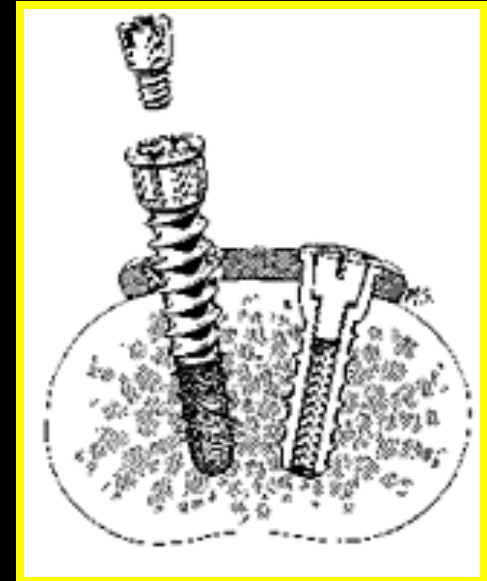
Kırılma noktası

Anterior Plak Fiksasyonu

- Bikortikal vidalar
 - pilot delik açılmalı
 - medyale 10° - 15° açılı

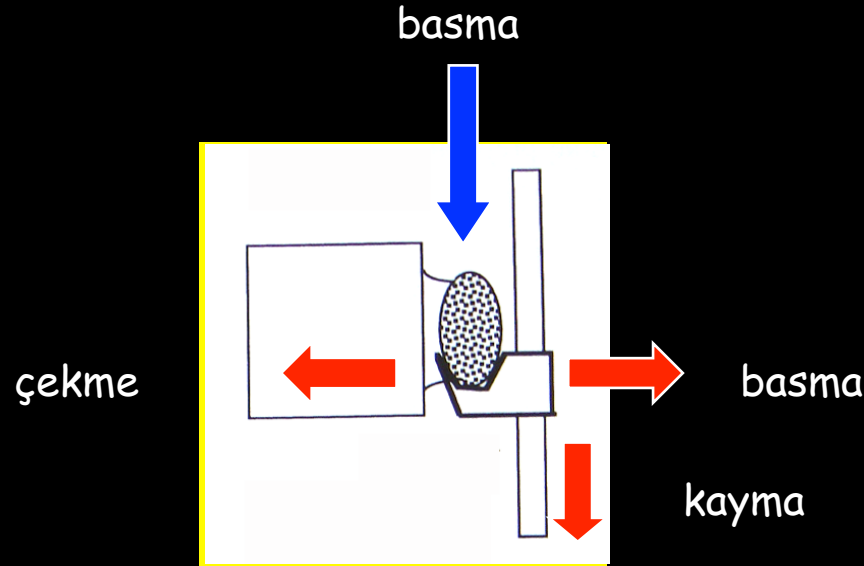


- Unikortikal vidalar
 - medyale 10° - 15° açılı
 - vidalar kilitlenmeli



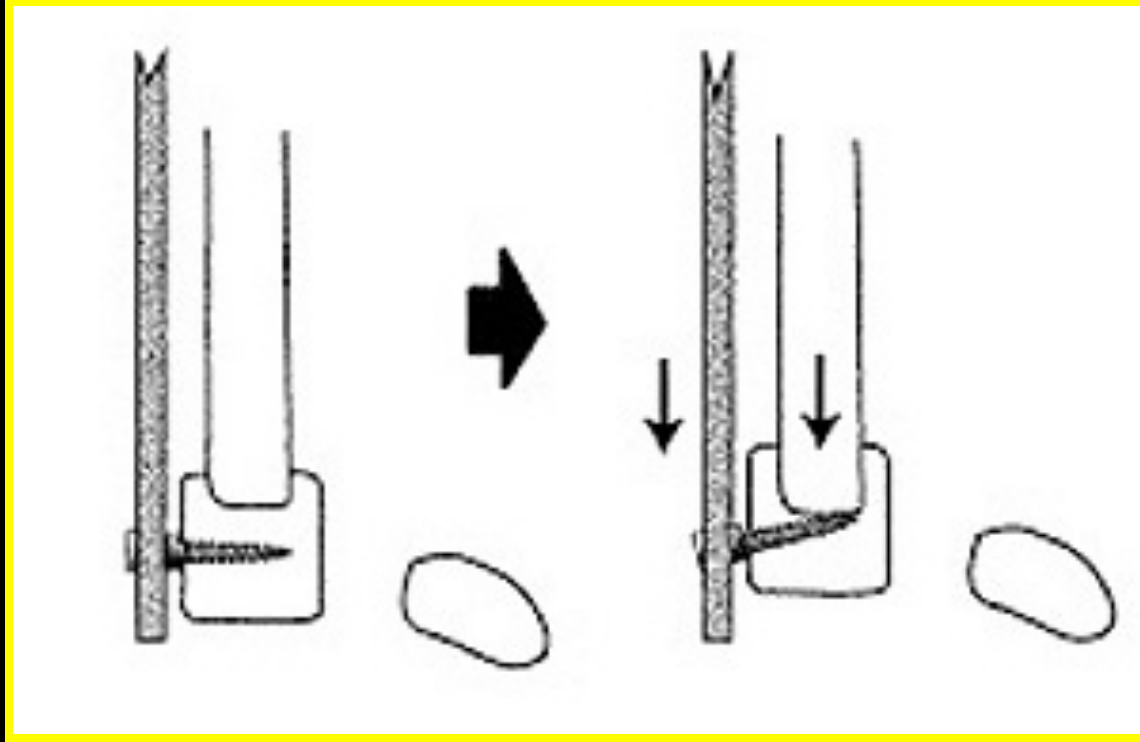
Kanca (Hook)

- Yalnızca **basma** yüklerini taşıyabilir.
- **Kayma, aksenel basma ve çekme** yüklemelerine karşı dayanıklıdır.
- Fleksiyon ve rotasyona karşı stabilizasyon sağlayamaz.



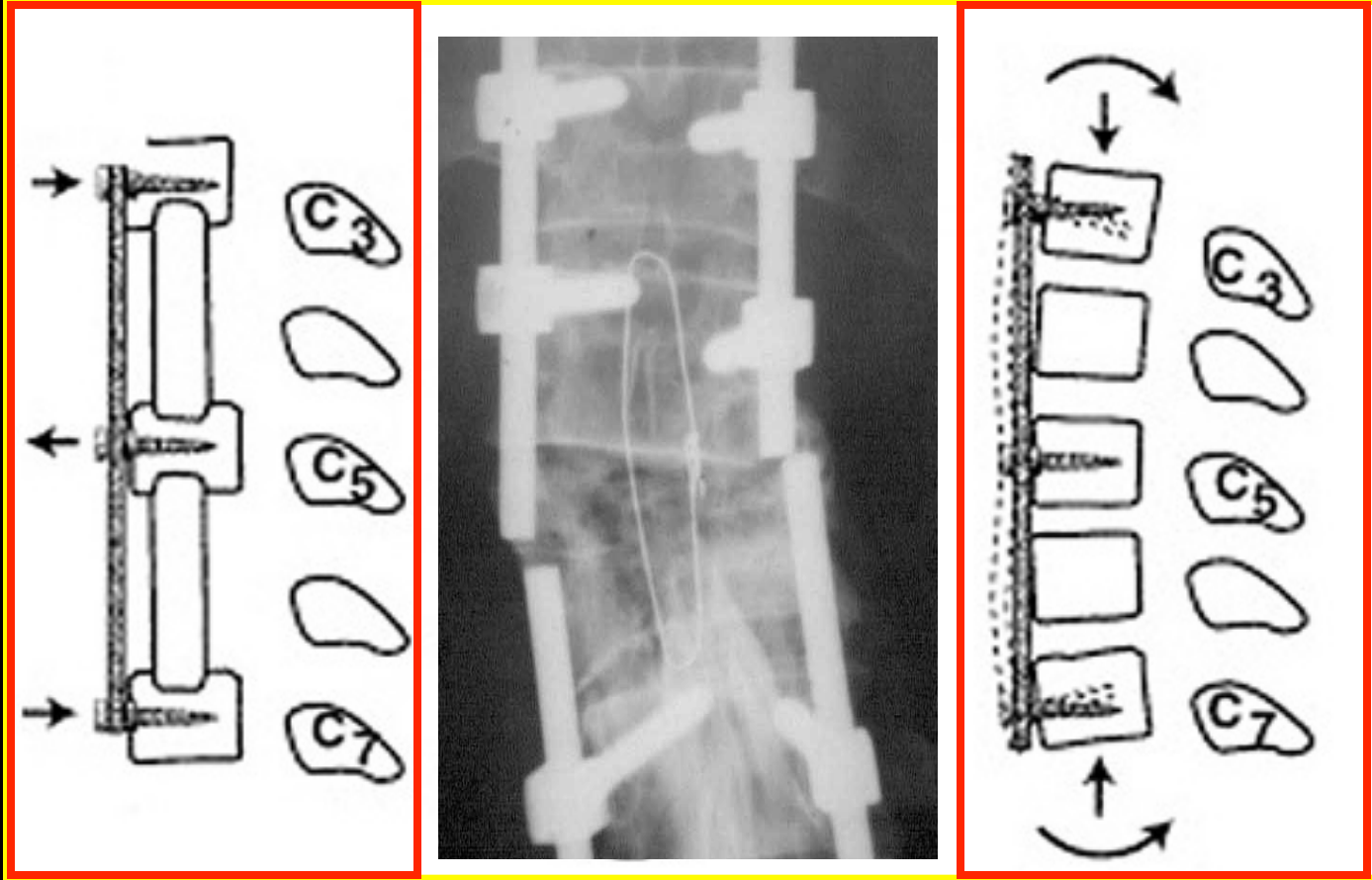
Fiksasyon Uygulamalarında Temel İlkeler ?

Süprünme Etkisi



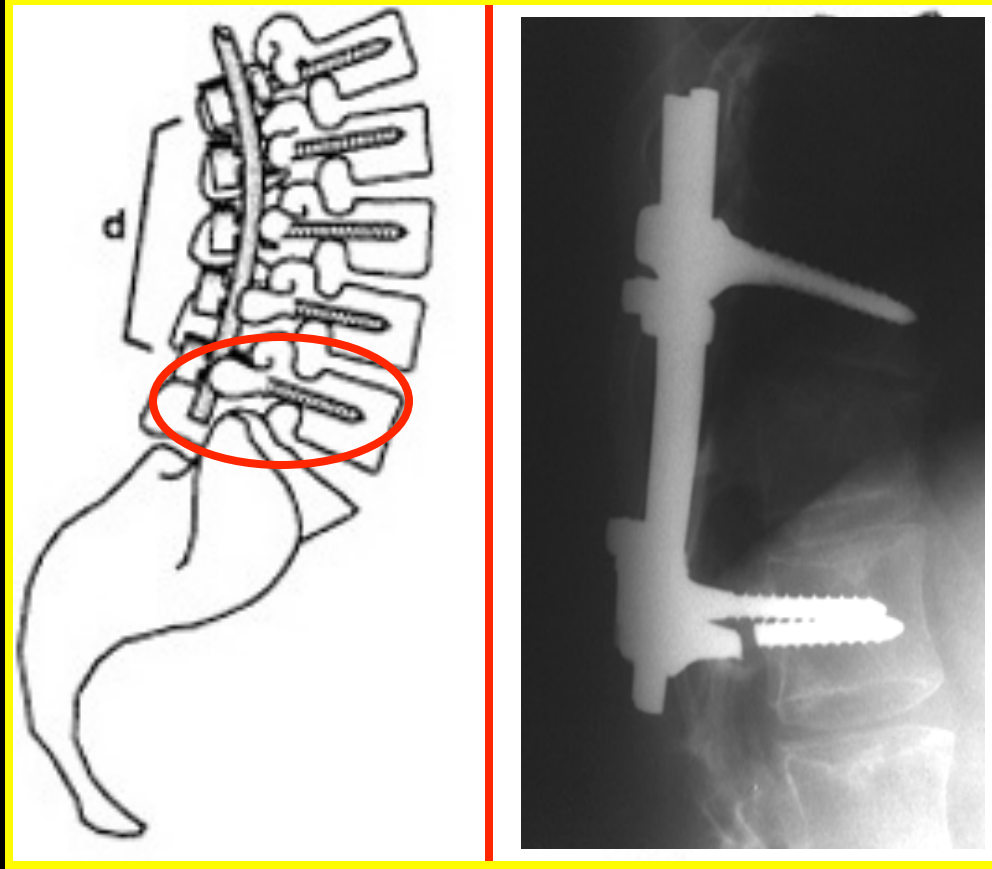
Dinamik moment kollu vidalar zaman içerisinde süprünme etkisi ile karşılaşır.

Uzun Fiksasyon



3 nokta fiksasyonu ile dayanım arttırılır.

Uzun Fiksasyon

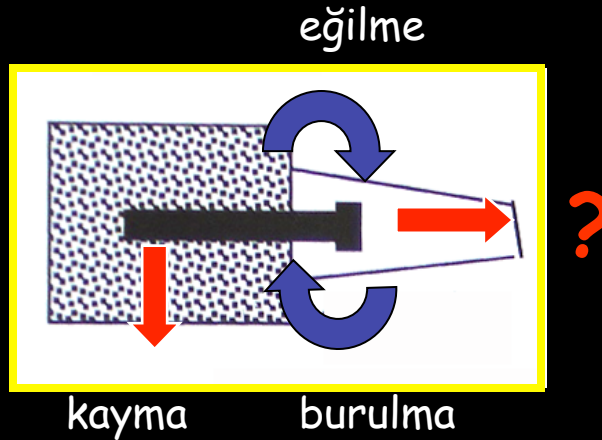


Yük en alttaki vidalarda yoğunlaşır.

Posterior Fiksasyon

Pedikül vidaları

- Tüm yönlerdeki **momentleri** taşıyabilir.
- **Kayma** yüklemelerine dayanıklı.
- Kendi eksenindeki **çekmeye** dayanımı kısıtlı (pullout).



Posterior Fiksasyon

Pedikül vidaları

- Pullout direnci vida çapı ve kemik dansitesi ile orantılı.
- Vida için pilot delik hazırlanması, vida yiv şekli ve derinliği pullout için belirgin etkisi yok.
- Vida vertebra korpusunun en az %50' si içerisinde olmalı.

Vida pullout

Vertebra %50

Vertebra ön korteks

900 N

1180N

Zindrick, 1987

Posterior Fiksasyon



Pedikül vidaları

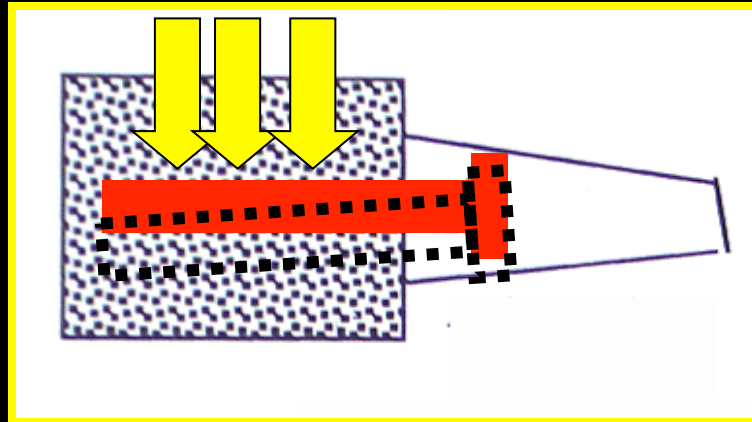
- Vidanın dışarıya çıkma dayanımını üçgen şeklinde uygulaması arttırır.

Posterior Fiksasyon

Pedikül vidaları

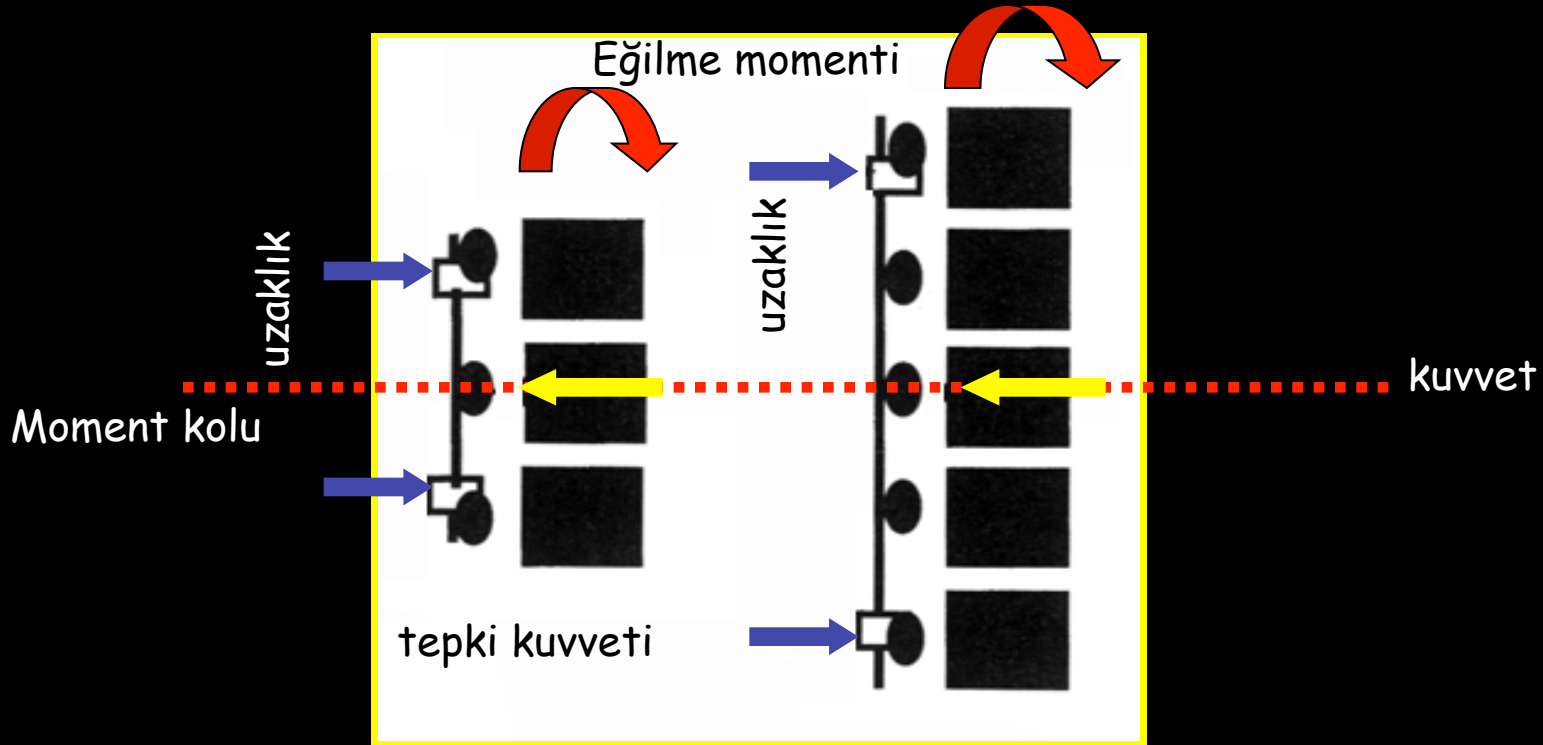
- Vida uzun aksına gelen yayılı basma yüklemesi sonrasında zaman içerisinde spongioz kemik içerisinde süprünme etkisinde kalabilir (toggle).
- 2 mm yer değiştirme 200 N'dan 10.000 siklik basma yüklemesi sonrasında 100 N'a düşüyor.

Yayıllı basma



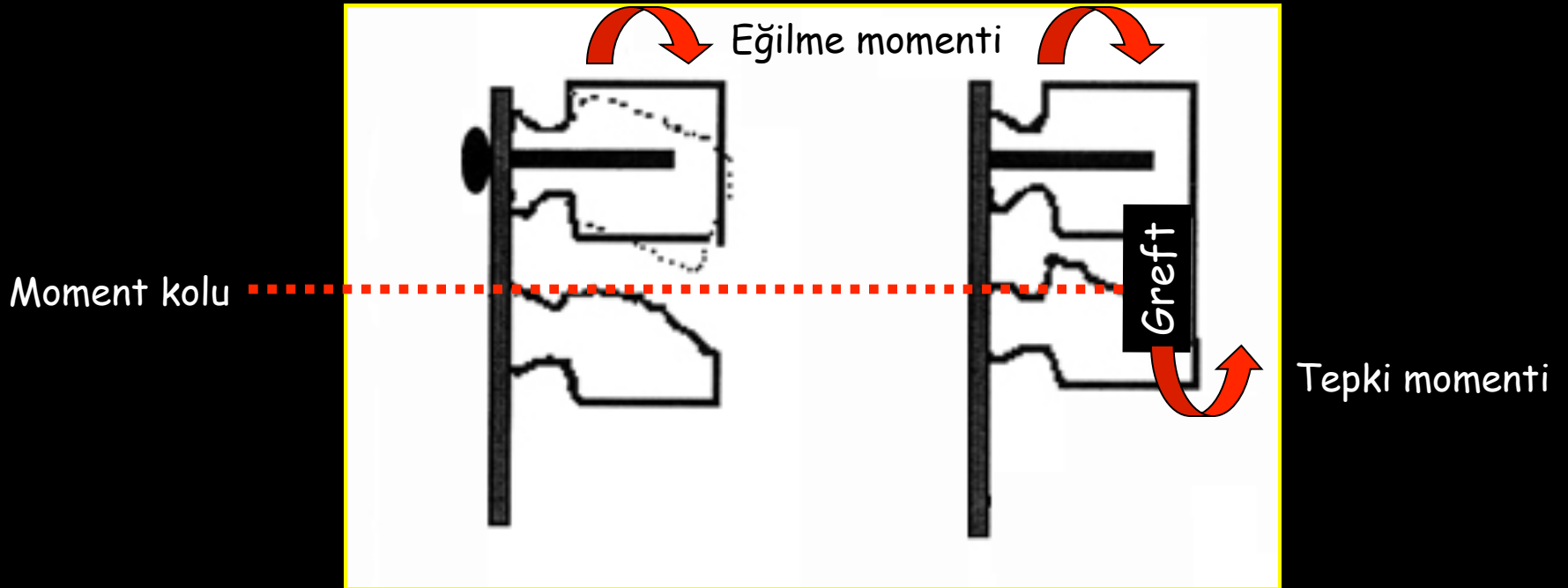
Posterior Fiksasyon

- Aynı eğilme momenti altında uzun fiksasyonda tepki kuvveti, moment kolunun uzun olmasından dolayı daha az olmaktadır.



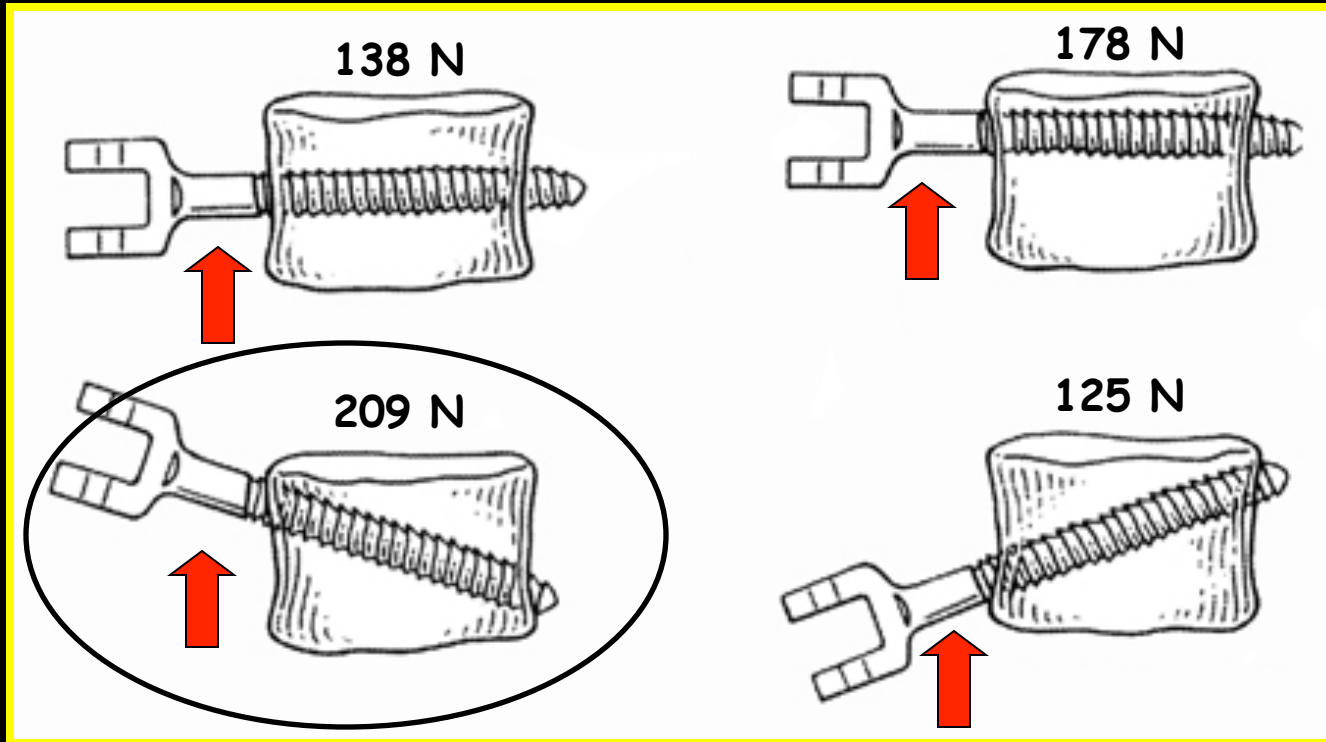
Anterior Greft-Posterior Fiksasyon

- Anterior greft ile tepki momenti oluşacağından pedikül vidasına gelen eğilme momenti etkisi daha az olur.



Anterior Torakal-Lomber Fiksasyon

- Anterior vidalar içerisinde, vidaya dik olarak gelen dış yan kuvvetlere karşı en fazla dayanım **superior oblik pozisyonda** yerleştirilenlerdedir.



Dayanım Testleri ?

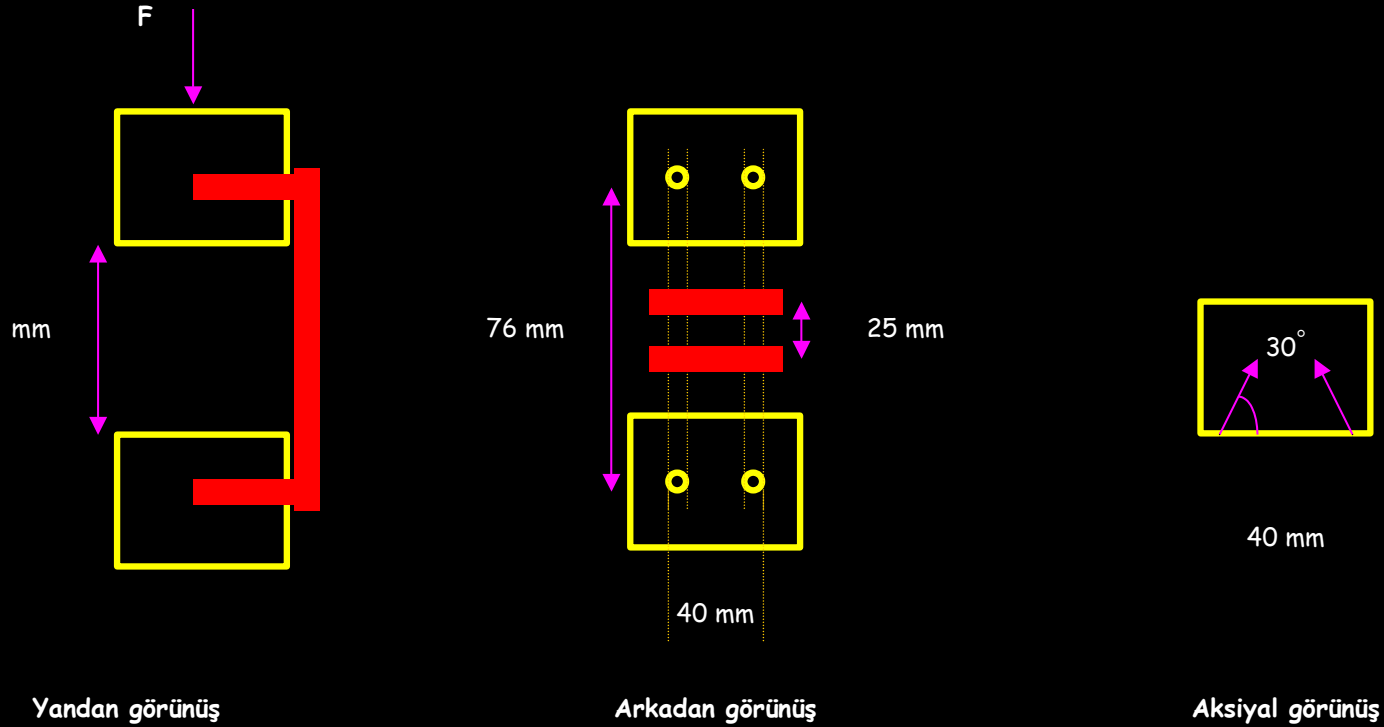
ASTM F 1717-96

Korpektomi modelinde

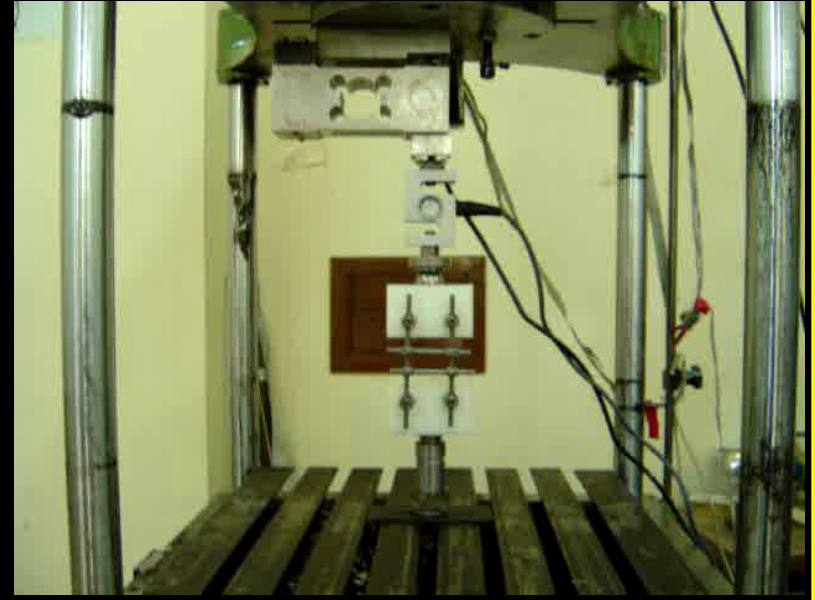
- 3 statik test
 - basma eğilmesi
 - çekme eğilmesi
 - burulma
- 1 dinamik test
 - basma eğilmesi ile yorulma testi

Dinamik Yorulma Testi

- Sinüzoidal yükleme
- max. 5 siklus/dk.
- 5 milyon siklus (7000 siklus/gün ile toplam 2 yıl)



Pedikül Vida-Rod Sistemi Yorulması



Dr.Murat COŞAR ve ark.,
SSK Okmeydanı Hastanesi

Yenilikler ?

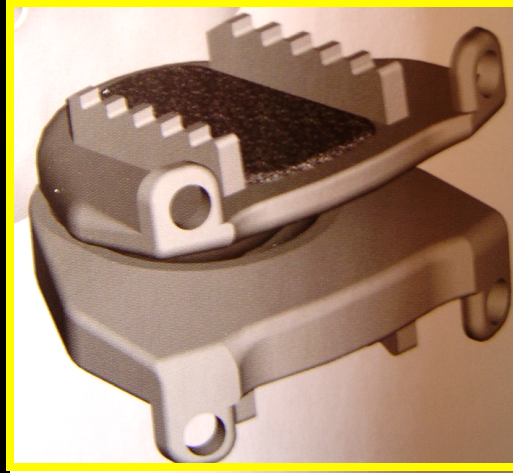
Servikal Disk Protezleri

Metal-Metal



Prestige, (Medtronic Sofamor Danek)

Fleksiyon/ ekstansiyon
Birleşik hareket



Bryan, (Medtronic Sofamor Danek)

Fleksiyon/ ekstansiyon/ lateral bending

Polimer



Servikal Disk Protezleri

Biyomekanik bilgi yok

Lomber Disk Protezleri



Charite (Link Spine)



Prodisc (Spine Solutions)



Acroflex (Depuy Acromed)



Maverick (Medtronic Sofamor Danek)

Lomber Disk Protezleri

Yeterli biyomekanik bilgi yok

Lomber Disk Protezleri

- Metal-metal (Maverick) veya UHMWP (Prodisc) şok yüklemelerini absorbe edici özellikleri bakıldığında;
 - Her iki üründe vibrasyon ve şoku geçirme özellik yönünden benzerdirler.

Posterior Lomber Dinamik Sistem

- Segmentler arası hareketi klasik pedikül vidası sistemlere göre korumaktadırlar.



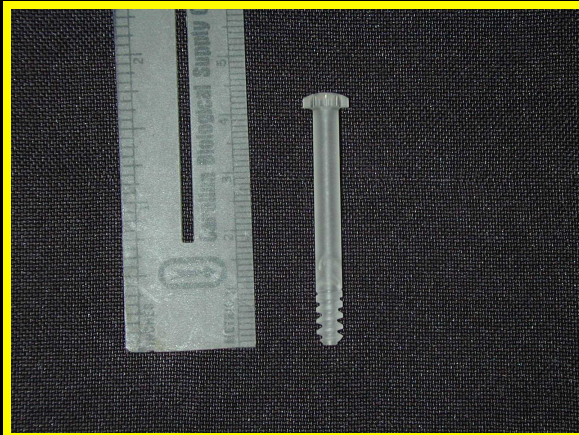
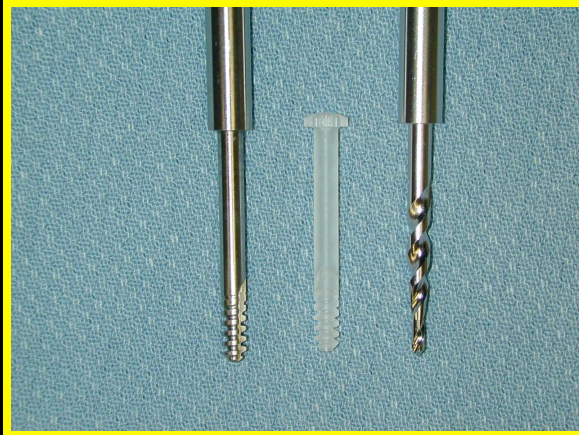
Dynesys (Zimmer Spine)

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

Posterior Lomber Dinamik Sistem



Absorbe Olabilen İmplantlar



Absorbable Servikal Plak

- Tek mesafe servikal diskektomide yeterli stabilizasyon sağlıyor

<http://www.biomekanik.org>

İTÜ MAKİNA FAKÜLTESİ
Uluslararası Katılımlı

26-27 Kasım 2004 Gümüşsuyu -İstanbul

Düzenleyenler
İ.T.Ü Makina Fakültesi
İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi
VKV Amerikan Hastanesi

ULUSLARARASI KONUŞMACI: Dr.Monahar PANJABI

Teşekkür ederim

SORULAR ?

En Fazla Aksiyal Rotasyon Hangi Segmenttedir ?

- a. Oc-C1
- b. C1-C2
- c. T12- L1
- d. L5- S1

En Fazla Aksiyal Rotasyon Hangi Segmenttedir ?

a. Oc-C1

b. C1-C2

c. T12- L1

d. L5- S1

Hangi Lateral Mass Vidası Dışarıya Çıkmaya (pullout) en dirençlidir ?

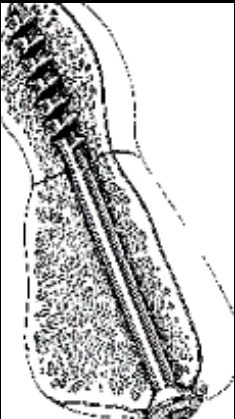
- a. 3.5 mm bikortikal (kortikal) vida
- b. 3.5 mm unikortikal (kortikal) vida
- c. 3.5 mm unikortikal (spongioz) vida
- d. 2.7 mm bikortikal (kortikal) vida

Hangi Lateral Mass Vidası Dışarıya Çıkmaya (pullout) en dirençlidir ?

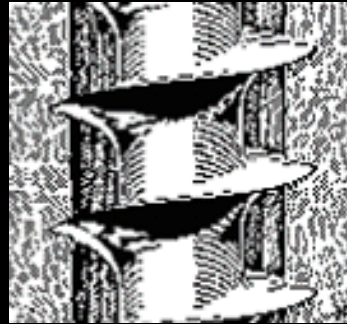
- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| a. 3.5 mm bikortikal (kortikal) vida | 448±253 N |
| b. 3.5 mm unikortikal (kortikal) vida | 289±231 N |
| c. 3.5 mm unikortikal (spongioz) vida | 277±126 N |
| d. 2.7 mm bikortikal (kortikal) vida | 321±223 N |

Hangisi Kortikal Vidadır ?

a.



b.



c.

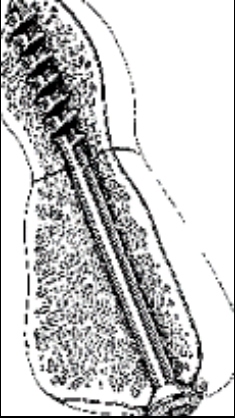


d.

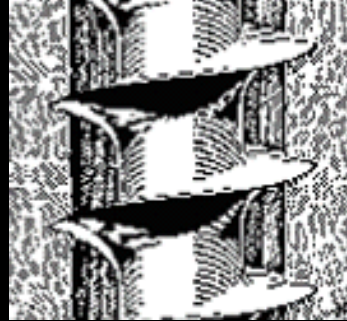


Hangisi Kortikal Vidadır ?

a.



b.



c.



d.



•Kortikal (nonsel-tapping)

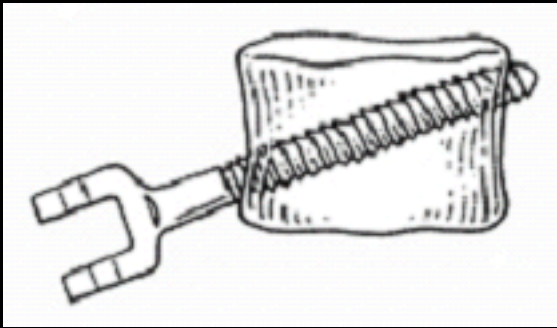
-Yivleri keskin değil

-Yivleri tüm vida boyuncadır

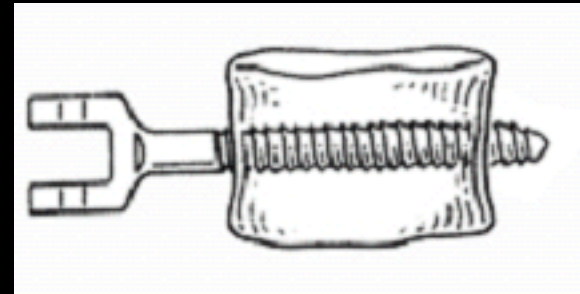
-Uygulama öncesi yol açılmalı (tap)

Hangi Anterior Lomber Vida En Dayanimsızdır ?

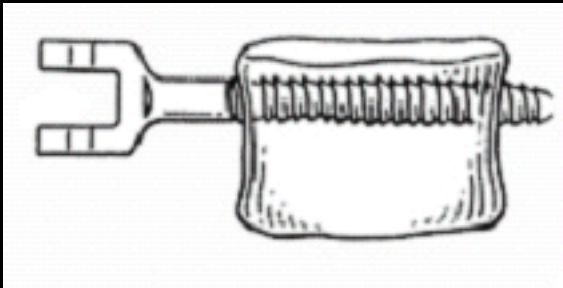
a.



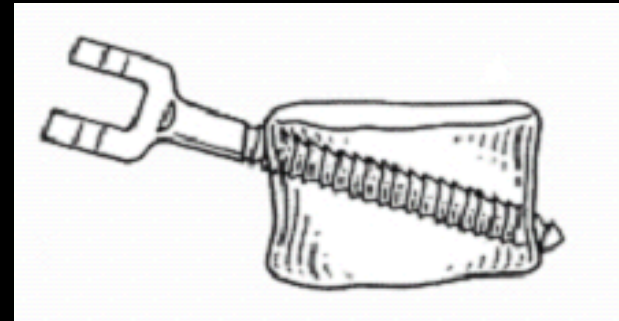
b.



c.

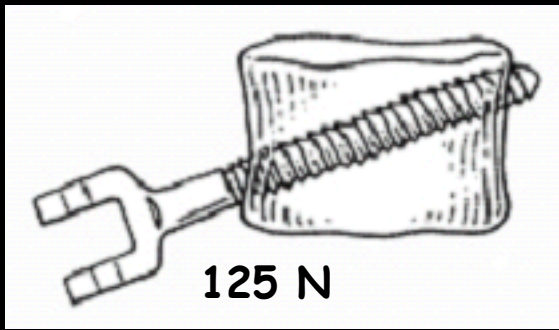


d.

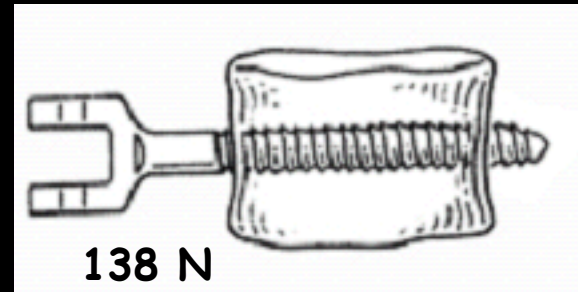


Hangi Anterior Lomber Vida En Dayanimsızdır ?

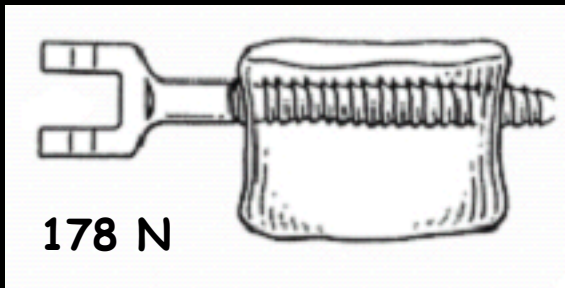
a.



b.



c.



d.

