



# Aspectos gerais da Biomecânica da Coluna vertebral

Isabel C. N. Sacco  
FMUSP

icnsacco@usp.br

MEDICINA USP

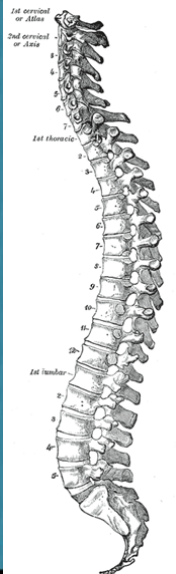
LaBiMPH USP  
Laboratório de Biomecânica do Movimento e Postura Humana

1

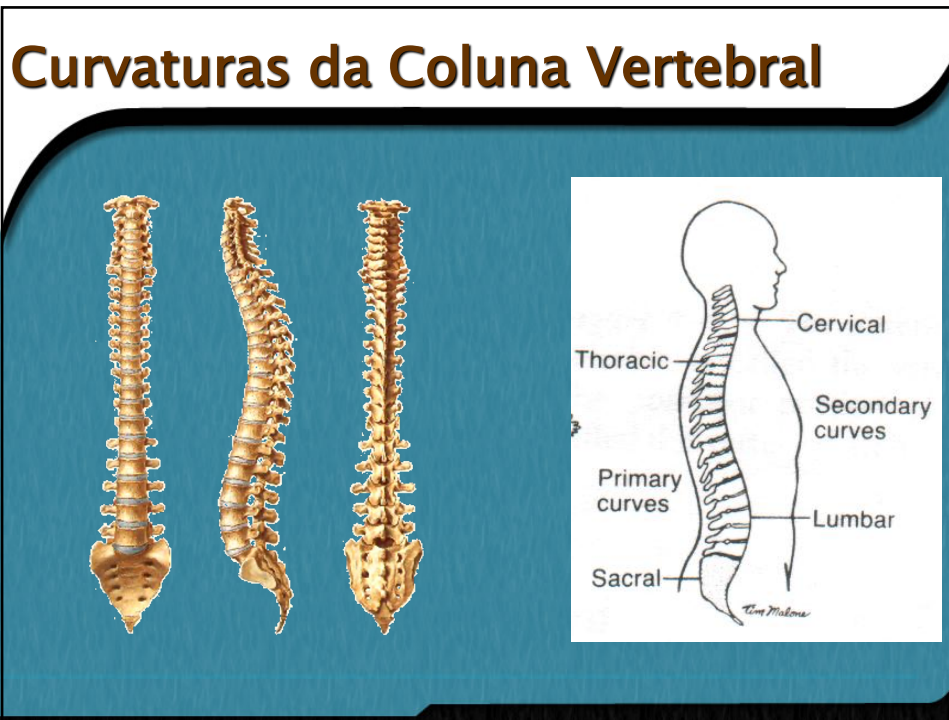
## Estrutura da Coluna Vertebral

### 33 Vértebras

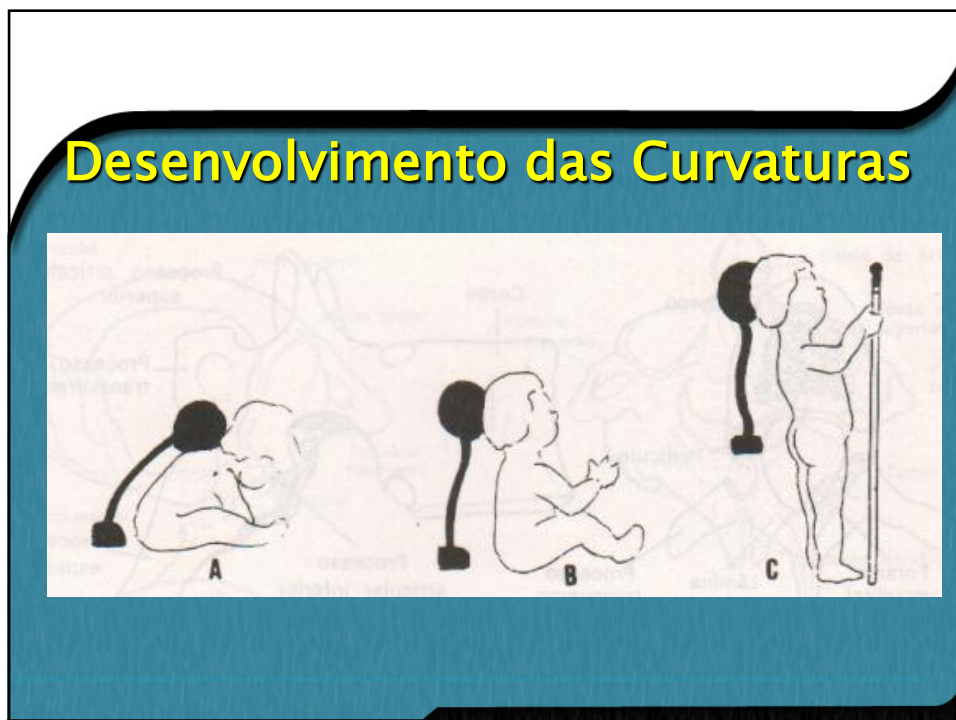
- 7 cervicais
- 12 torácicas
- 5 lombares
- 5 sacrais (fundidas)
- 4 - 5 coccígeas (fundidas)



2



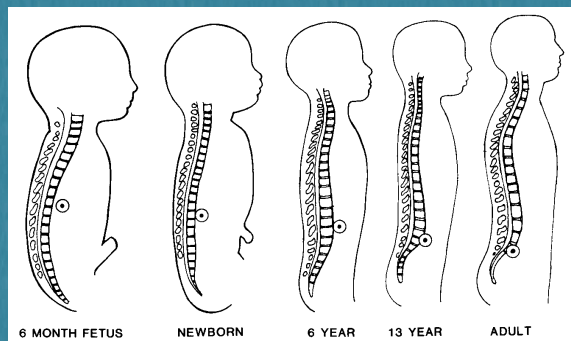
3



4

## Desenvolvimento das Curvaturas

- A curva em "C" muda para 04 curvas quando o CG abaixa e o peso da cabeça é reduzido.

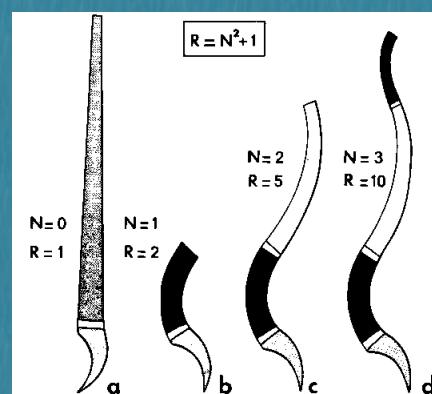


5

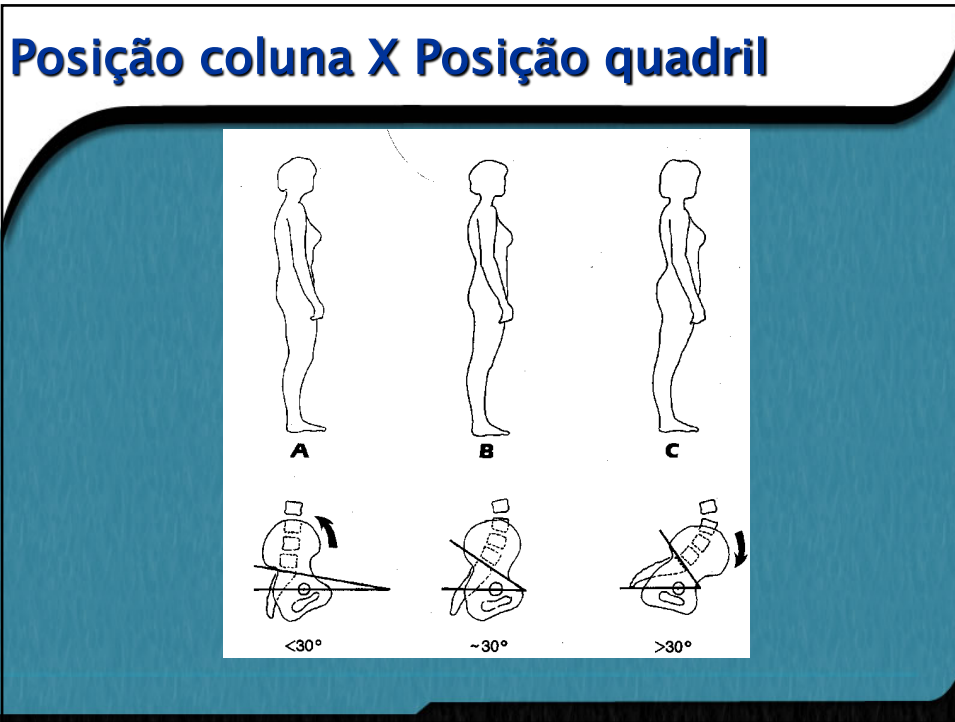
## Curvaturas Coluna

A posição do quadril afeta curvaturas coluna

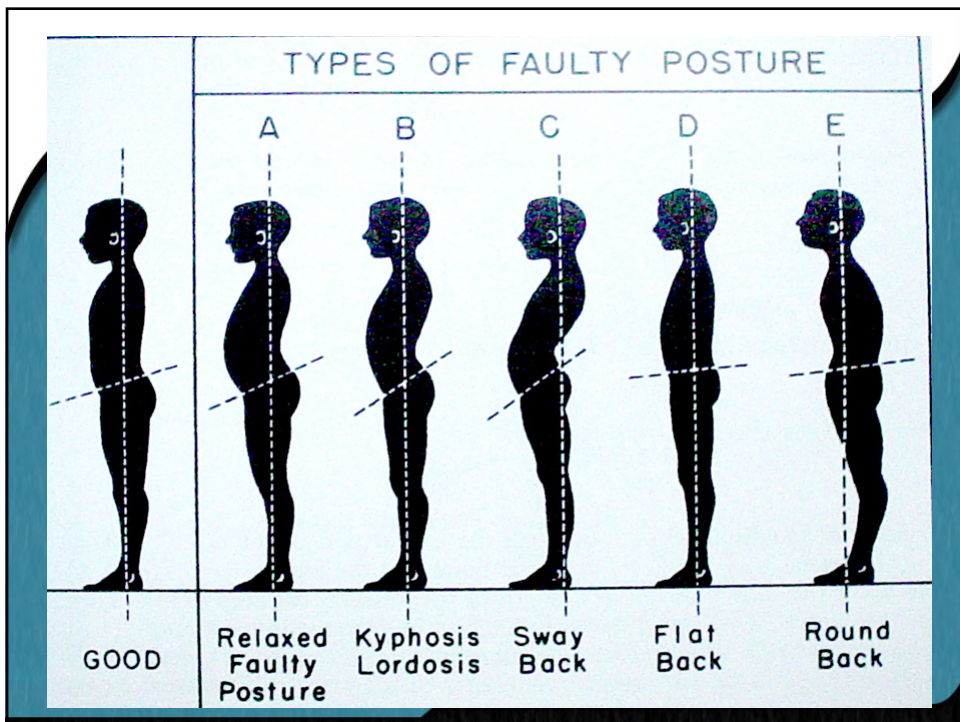
A curvatura NATURAL deve ser preservada para manutenção da capacidade de resistir a sobrecargas



6



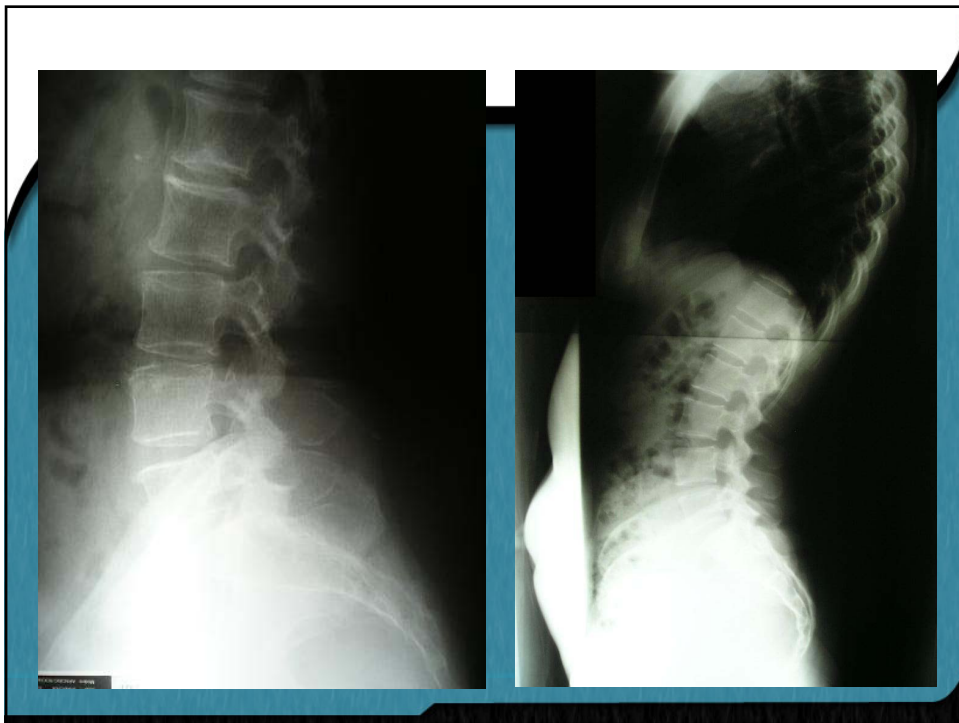
7



8



9



10



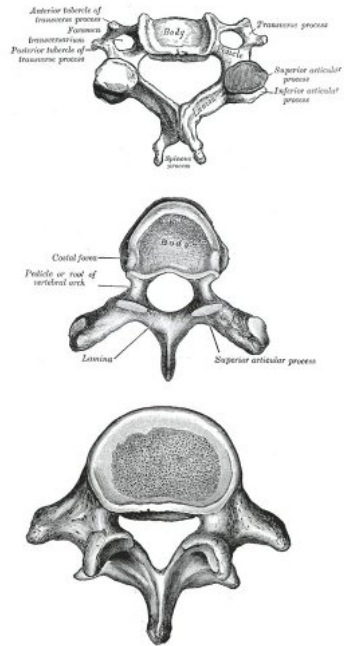
11

## Articulações

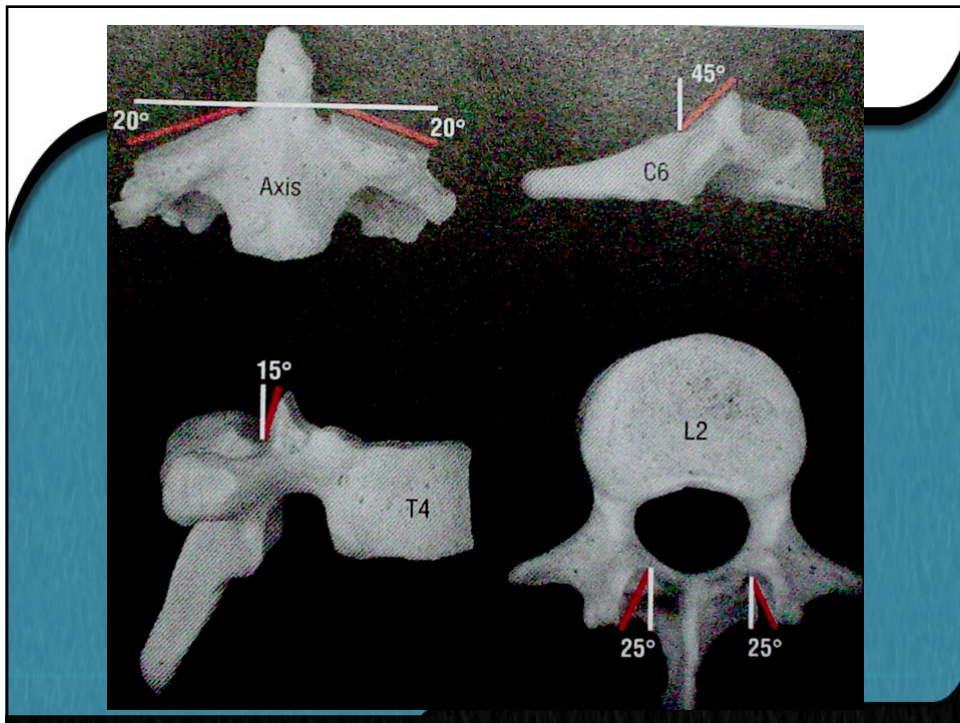
- Articulações cartilaginosas ou intervertebrais:
  - entre os corpos vertebrais e o disco intervertebral
- Articulações sinoviais:
  - entre os processos articulares superiores e inferiores da vértebras adjacentes.
- Direção do movimento  $\Rightarrow$  orientação das facetas articulares.

12

A direção e quantidade de movimento nas regiões da coluna são determinadas pela direção das articulações zigapofisárias bilaterais.



13



14

## Movimentos articulares

- Movimento entre duas vértebras é extremamente limitado.
- Conjunto das pequenas amplitudes  $\Rightarrow$  ADM da coluna como um todo.
- Conjunto: articulação com 3 graus de liberdade:
  - flexão - extensão
  - inclinação lateral
  - rotação

15

## Mobilidade Coluna Vertebral

Movimento é *fundamental* para nutrição discal

C1 - C2	FACETAS PARALELAS AO EIXO TRANSVERSO - BOA MOBILIDADE
C3 - C7	45° - FLEXÃO ; EXTENSÃO; FLEXÃO LATERAL ; ROTAÇÃO
TORÁICAS	60° - FLEXÃO LATERAL ; ROTAÇÃO ; LIMITADA FLEXÃO E EXTENSÃO
LOMBARES	90° - FLEXÃO ; EXTENSÃO ; FLEXÃO LATERAL

16

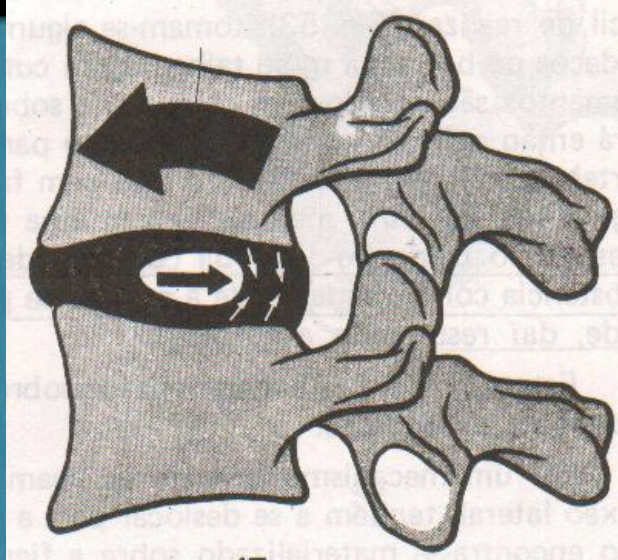


## Movimentos articulares

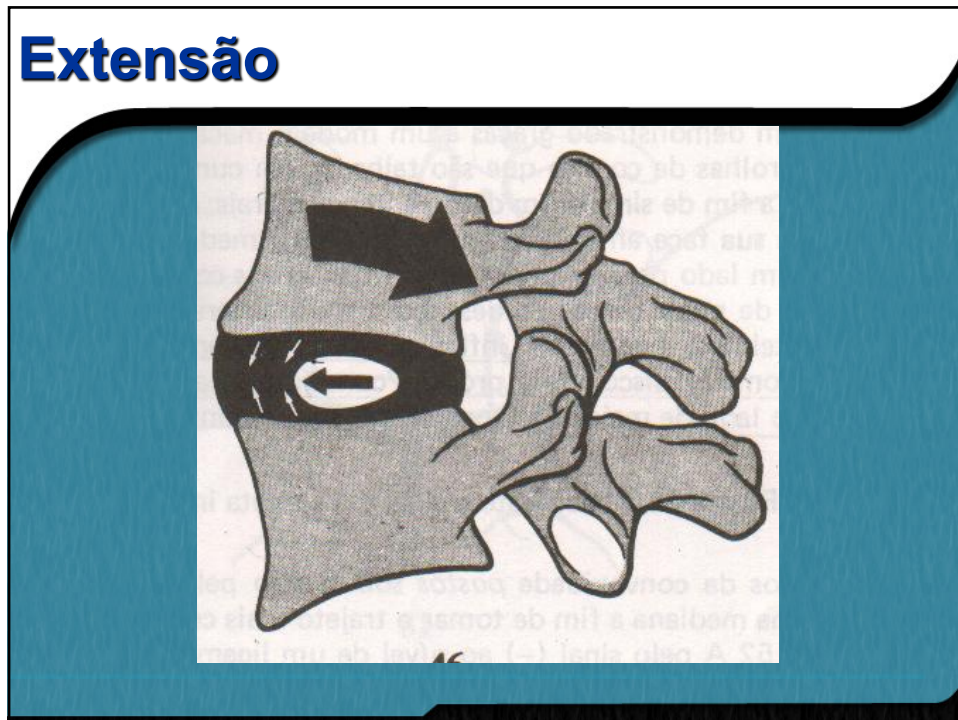
- Movimento entre duas vértebras é extremamente limitada.
- Conjunto das pequenas amplitudes  $\Rightarrow$  ADM da coluna como um todo.
- Conjunto: articulação com 3 graus de liberdade:
  - flexão - extensão
  - inclinação lateral
  - rotação

17

## Flexão



18



19

## Mobilidade Coluna Vertebral

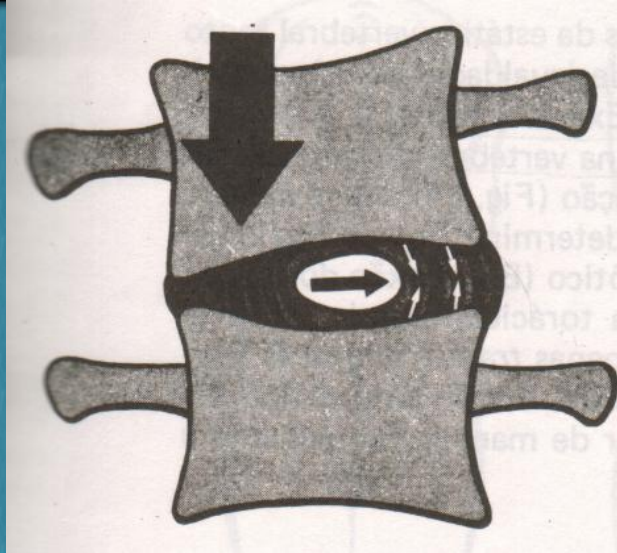
- **Flexão / Extensão** - Plano sagital
- Nível
 

	flexão	extensão
– lombar	60°	35°
– tóraco-lombar	105°	60°
– cervical	40°	75°

ADMs variam conforme os autores. (KAPANDJI)

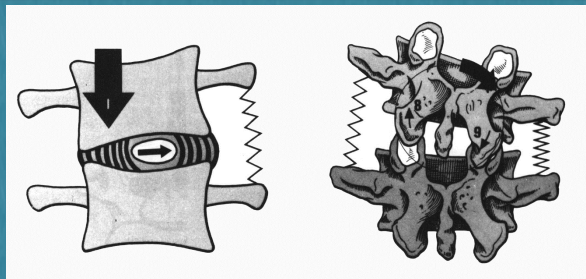
20

## Inclinação Lateral



21

## INCLINAÇÃO



- Plano : frontal
- Eixo : ântero-posterior
- Facetas da concavidade se aproximam e da convexidades se afastam
- Núcleo do disco desloca para a covexidade
- ADM : 15 – 30°
- Inclinação da pelve

22

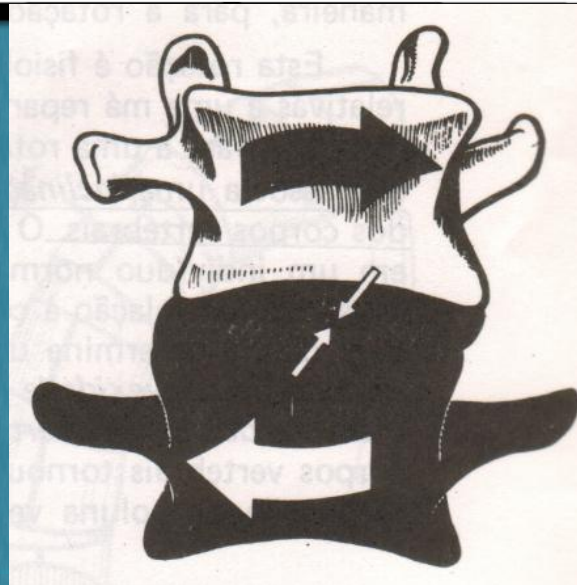
## Mobilidade Coluna Vertebral

- **Inclinação lateral** - Plano frontal
- Nível                      inclinação
  - lombar                    20°
  - torácica                   20°
  - cervical                   35° a 45°

(KAPANDJI)

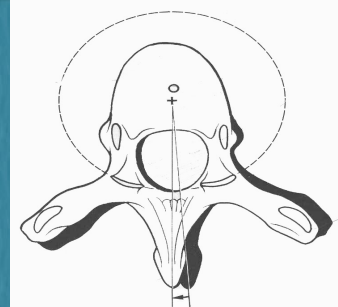
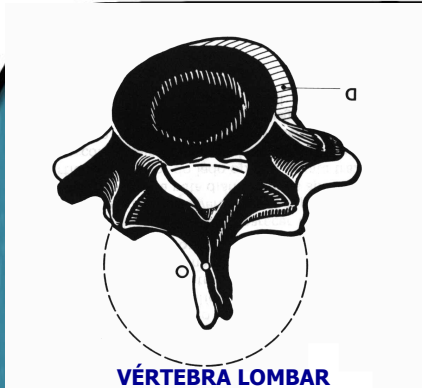
23

## Rotação



24

## ROTAÇÃO



- A rotação na coluna lombar é em média 2 vezes menor do que na coluna torácica em suas porções menos móveis.
- Em relação a coluna lombar isolada, a rotação lateral total para a direita e para a esquerda é de somente 10° (5° de cada lado).

25

## Mobilidade Coluna Vertebral

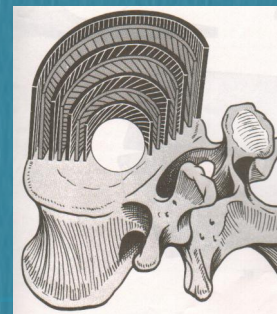
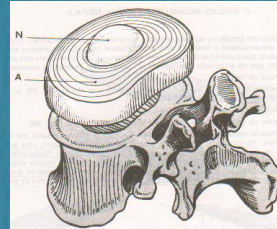
- **Rotação** - Plano Transverso
- Nível            rotação
  - lombar        5°
  - torácica      35°
  - cervical      45° a 50°

(KAPANDJI)

26

## Disco Intervertebral

- Ânulo fibroso
- Núcleo pulposo
- Platôs cartilagosos  
(separam o núcleo do ânulo)
- Seu tamanho corresponde aos corpos vertebrais da cervical (3mm) para a lombar (9mm).



27

**Proporção entre a altura do disco intervertebral e a altura do corpo vertebral  $\Rightarrow$  mobilidade do segmento:**

- cervical:  $2/5$  \*
- torácica:  $1/5$
- lombar:  $1/3$  \*

\* Mais móveis



28

## Composição do núcleo pulposo e annulus fibroso

- As composições são similares:
  - água
  - colágeno (tipos I e II)
  - proteoglicanos (PG)

Proporções relativas dessas substâncias e os tipos de colágeno que diferenciam as partes do disco.

29

## Núcleo pulposo

- Alta concentração de fluido e PG ⇒ substância gelatinosa.
- PGs têm capacidade de atrair água ⇒ hidrófila
- Colágeno tipo II ⇒ resistente às forças de compressão.

30

## Annulus Fibroso

- Baixa concentração de fluido e PGs.
- Colágenos tipos I(resistente à tensão) e II, sendo o tipo I predominante ⇒ resistente à tensão e compressão.

31

## Inervação e nutrição

- Annulus fibroso é inervado pelos ramos dos nn. vertebral e sinuvertebral (cervical e lombar)
- Núcleo não é inervado nem irrigado. Nutrição ⇒ difusão da porção cartilaginosa do platô vertebral.

32



## Pressão exercida no eixo da coluna

Água do núcleo pulposo



orifícios

Platô vertebral (corpo vertebral)

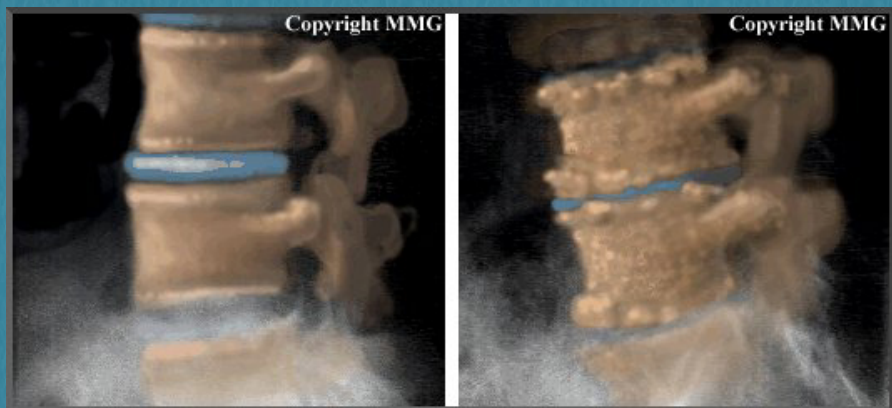
pressão mantida

todo o dia



Núcleo pulposo menos hidratado do que de manhã

33



34

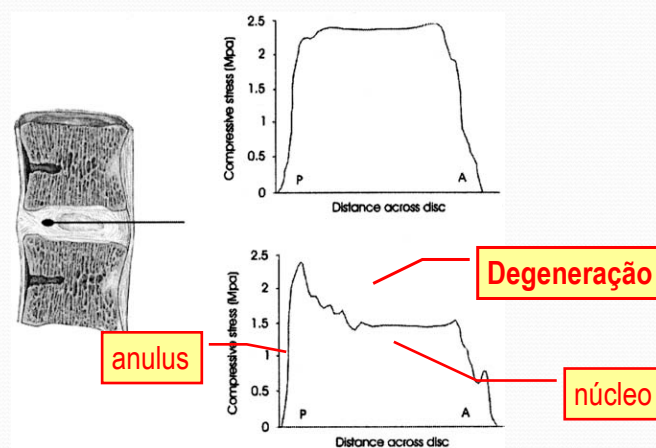
## DISCO INTERVERTEBRAL

- Com o envelhecimento, ocorre alteração da quantidade de água e proteoglicanas: seu número diminui e é menor entre L5- S1 e essa degeneração é maior anterior.
- Não ocorrem mudanças substanciais no conteúdo de colágeno.
- Mudança da distribuição da carga do núcleo para o anulus que aumenta em até 160% o seu pico de stress.
- O anulus aumenta em 80% sua largura funcional para compensar a degeneração e diminuição da capacidade do núcleo de absorver cargas (50%)

Ferguson & Steffen(2003)

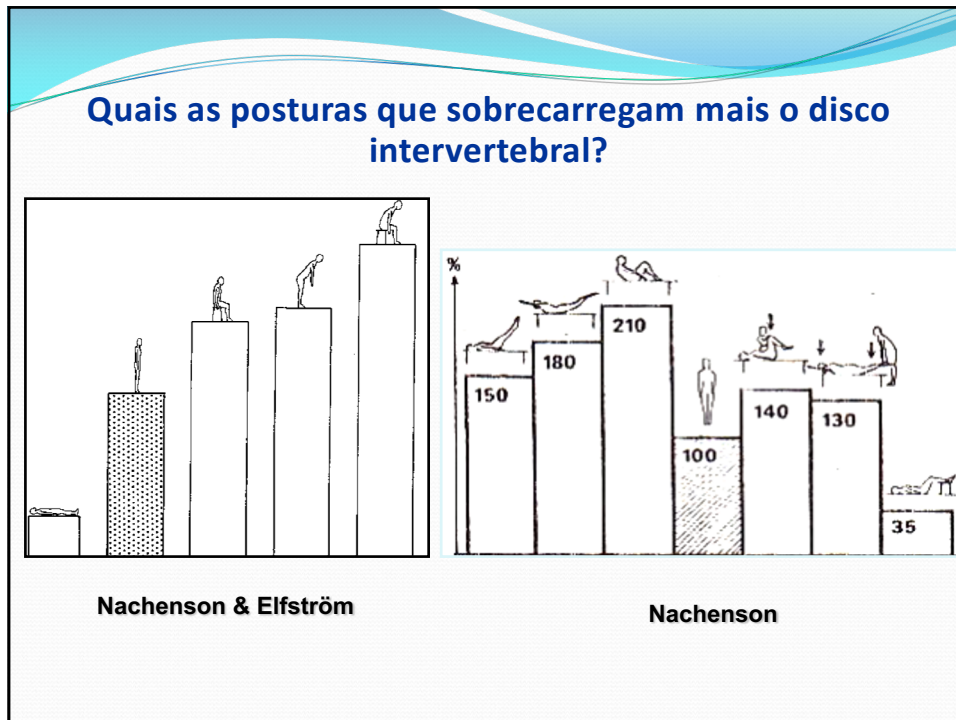
35

## DISCO INTERVERTEBRAL

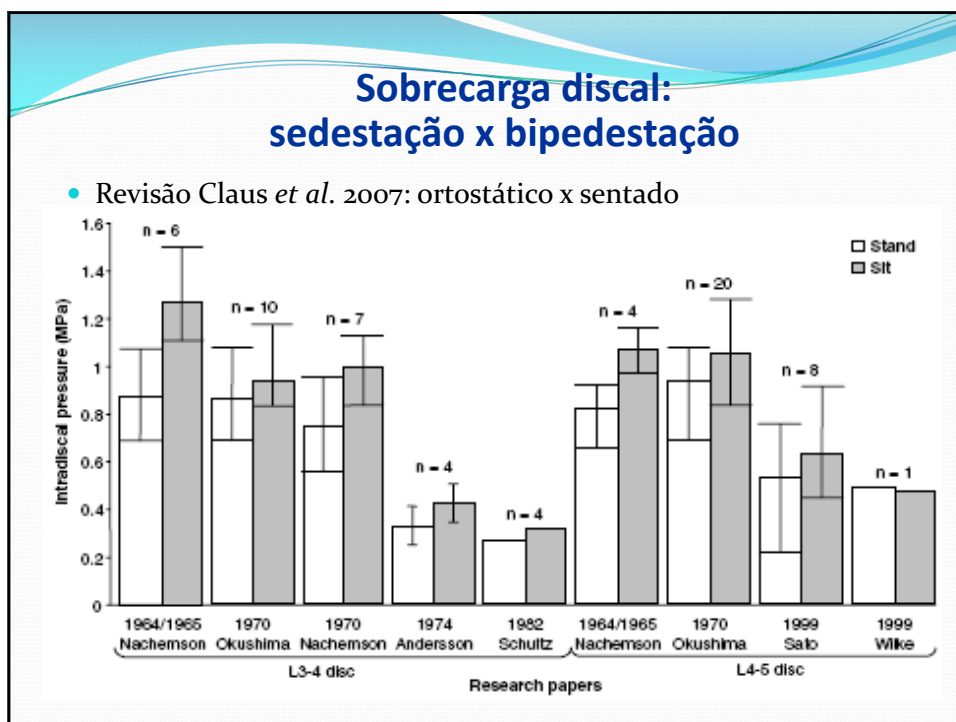


Ferguson & Steffen(2003)

36



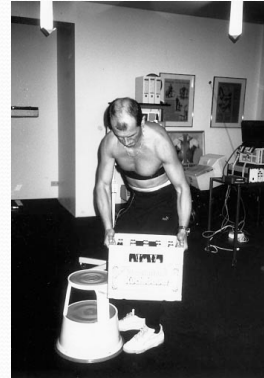
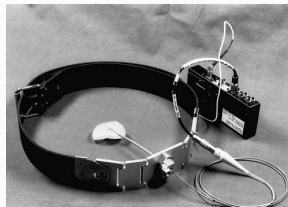
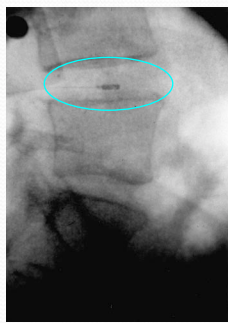
37



38

## Pressão intradiscal In Vivo: sedestação < bipedestação!

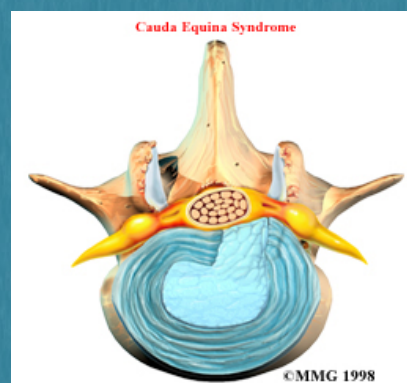
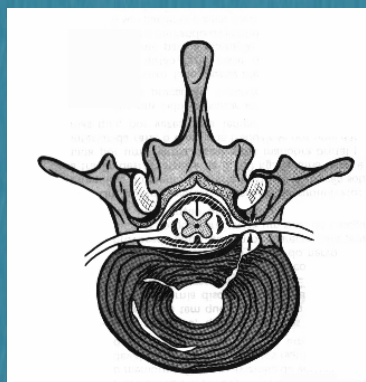
- 1 sujeito
- Ortostático relaxado (0,50 MPa);
- Sentado relaxado (0,46 MPa);
- Sentado ereto (0,55 MPa);
- Suspensão de carga (2,30 MPa)



Wilke *et al.* 1999

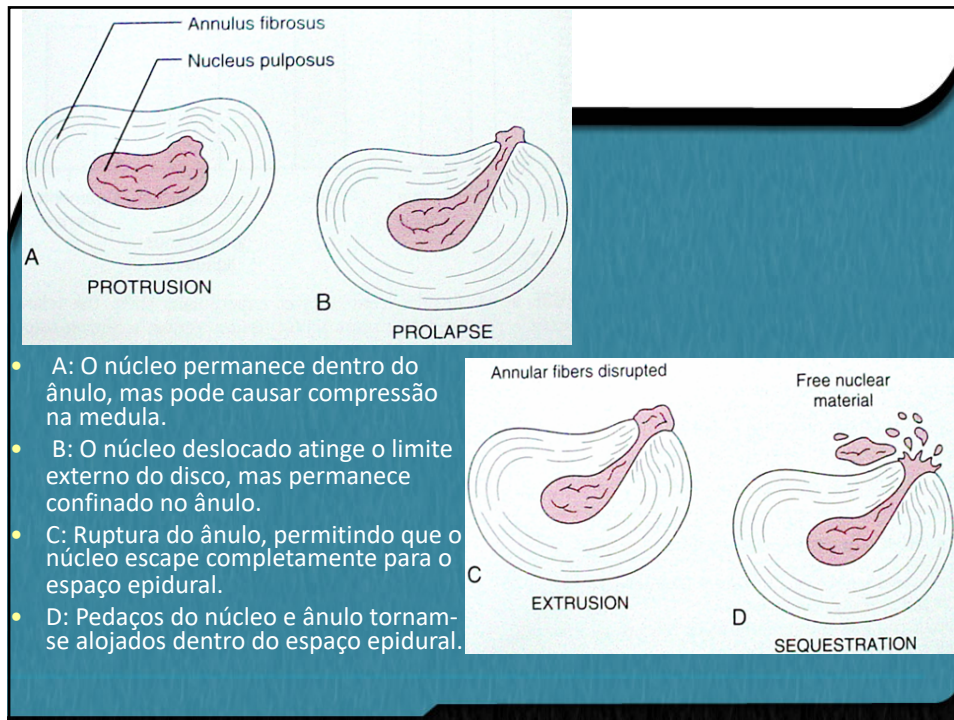
39

## DOR IRRADIADA - CIATALGIA

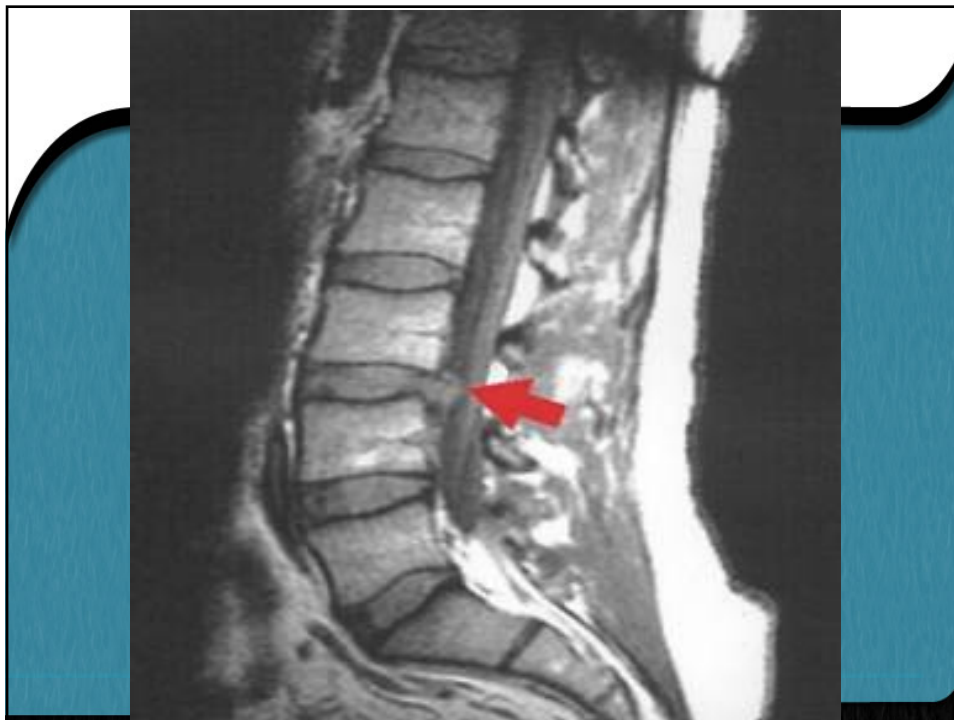


<http://youtu.be/axaxnU2Mw9I>

40



41

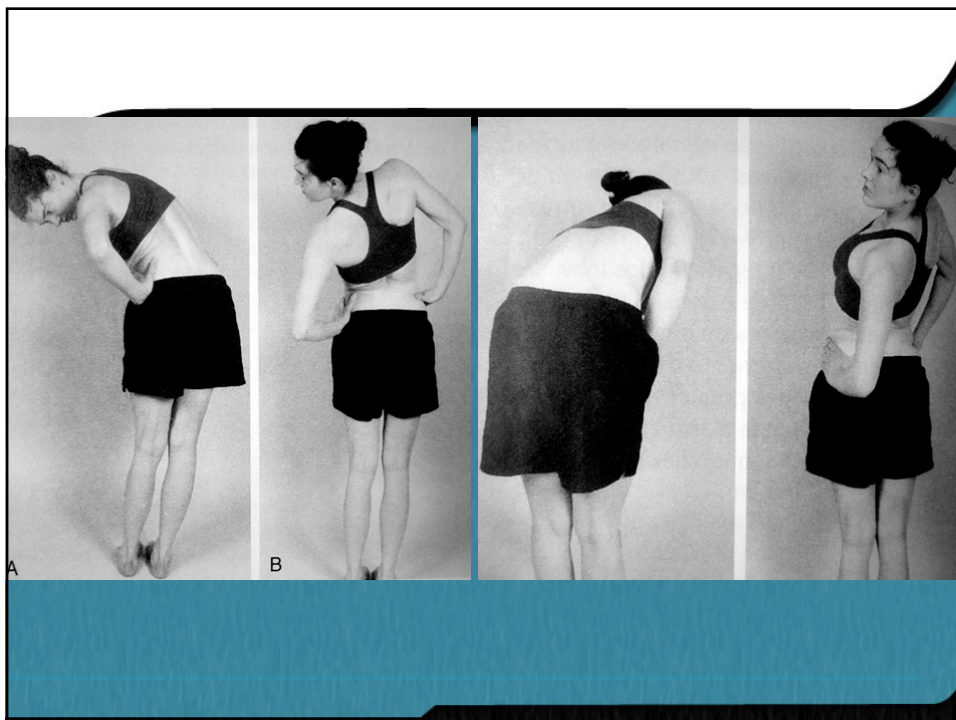


42

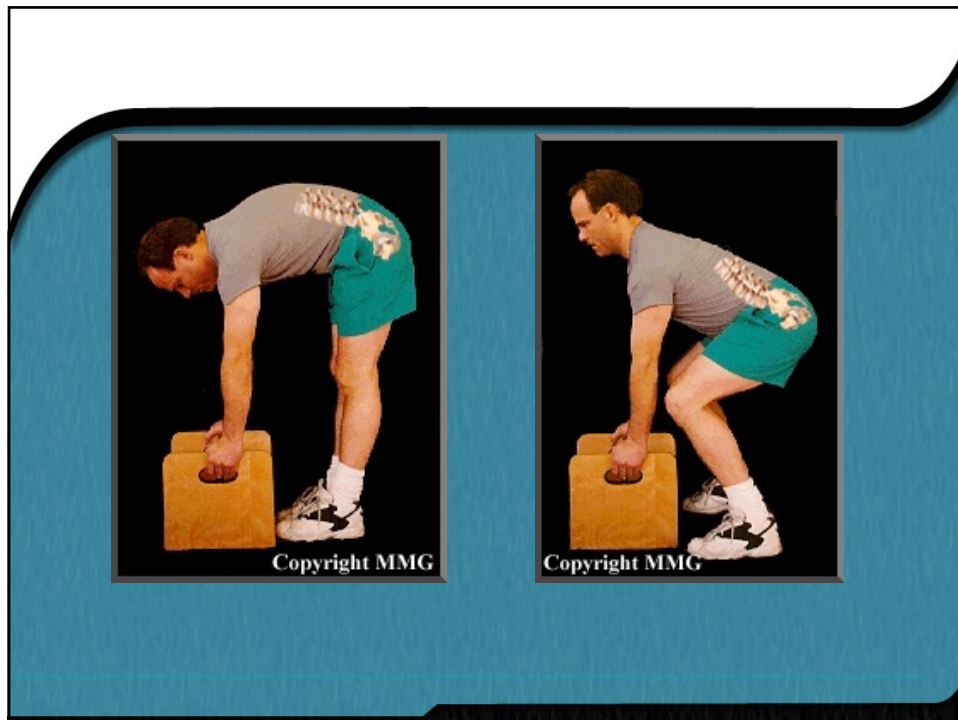
## Mecanismos de Lesão

1. Enorme força compressiva distribuída de repente em uma coluna flexionada ou, Flexionada e rodada
  - Ex: queda ou carregar grande peso
2. Uma série de forças compressivas repetitivas de baixa magnitude imposta em uma lombar fletida

43



44



45

## Sistema ligamentar

- União e alinhamento das vértebras.
- Suporte total da coluna ⇒ assistência muscular.
- Ligamentos: há 6 principais associados às articulações intervertebrais e zigoapofisárias.

46



47

## Ligamentos comuns

A diagram of the spine showing common ligaments highlighted in color. The diagram includes a legend with the following items:

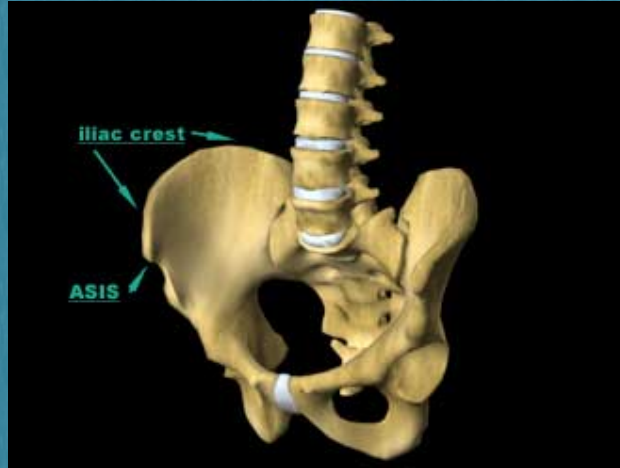
- Anterior longit. ligament (red)
- Posterior longit. ligament (purple)
- Ligamentum flavum (light blue)
- Interspinal ligament (green)
- Nuchal ligament (yellow)

The diagram shows the spine from a side view, with the ligaments highlighted in the colors specified in the legend. The anterior longitudinal ligament is shown running along the anterior surface of the vertebral bodies. The posterior longitudinal ligament is shown running along the posterior surface of the vertebral bodies. The ligamentum flavum is shown connecting the laminae of adjacent vertebrae. The interspinal ligament is shown connecting the spinous processes of adjacent vertebrae. The nuchal ligament is shown as a thick band of ligamentous tissue at the base of the neck, extending from the occipital condyles to the spinous process of the seventh cervical vertebra.

48



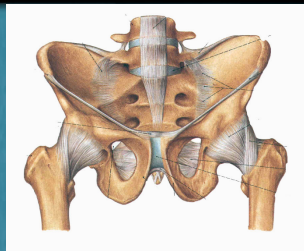
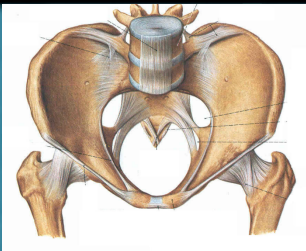
## CINTURA PÉLVICA



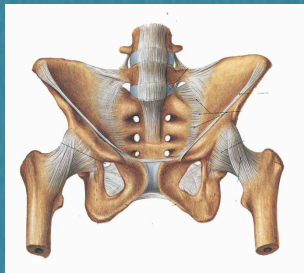
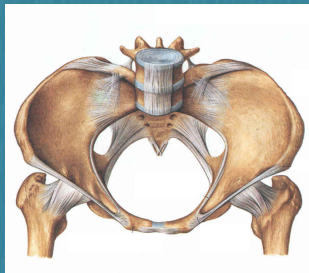
49

## PELVE MASCULINA X FEMININA

MASCULINA



FEMININA



50

## Art.da cintura pelvica

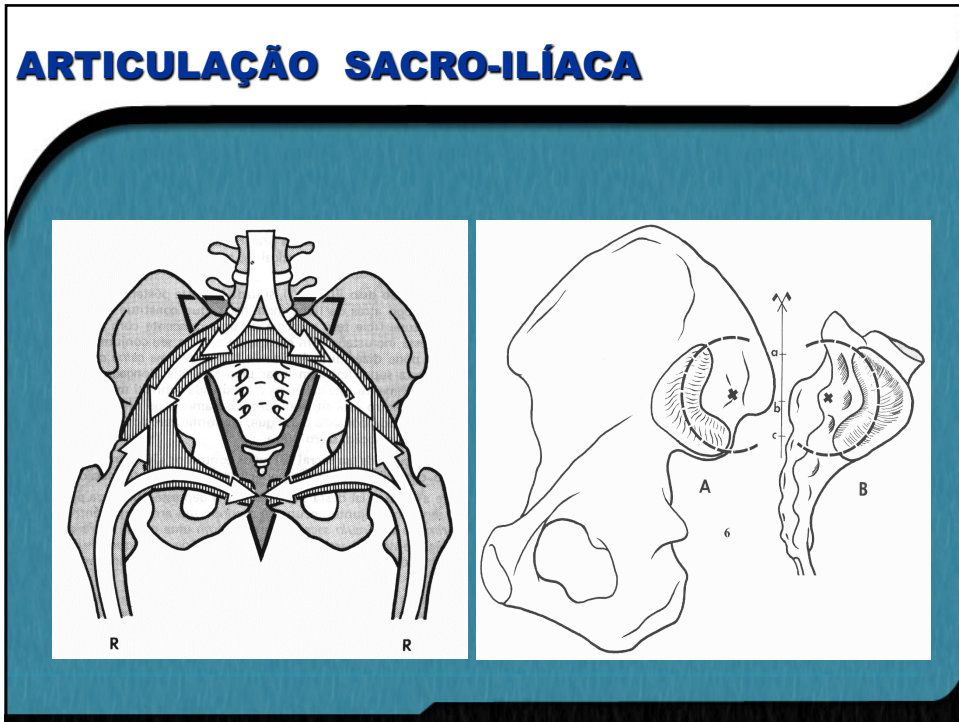
- Art.sacro-ilíaca: une o sacro ao ilíaco.
- Art.do púbis: sínfise púbica que fecha o anel pélvico.
- Mobilidade: muito pequena em ambas.
- Movimentos: nutação e contra nutação; deslizamento e afastamento.

51

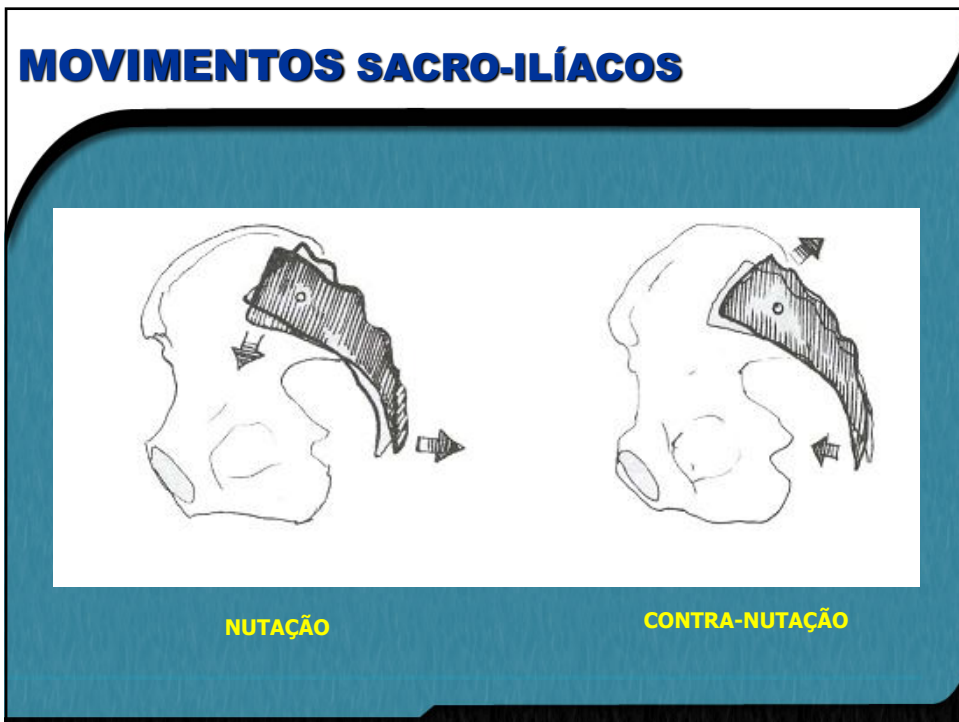
## Art. Sacro-coccígea:

- une o sacro ao cóccix.
- mobilidade muitíssimo fraca.
- Movimentos passivos de flexão-extensão ⇒ defecação e parto.

52

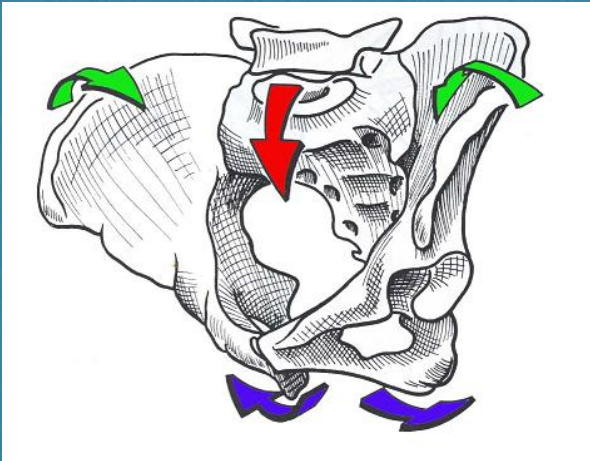


53



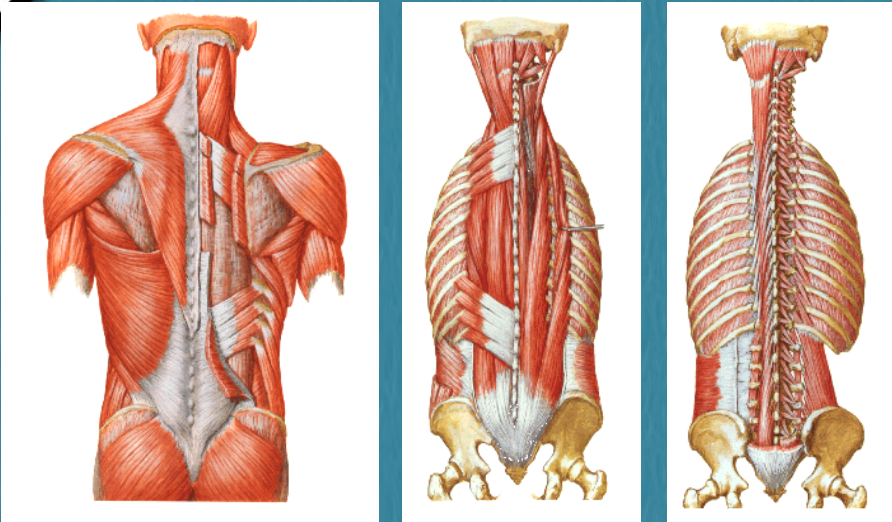
54

# MOBILIDADE DA CINTURA PÉLVICA



55

# MM. POSTERIORES DO TRONCO



SUPERFICIAL

INTERMÉDIO

PROFUNDO

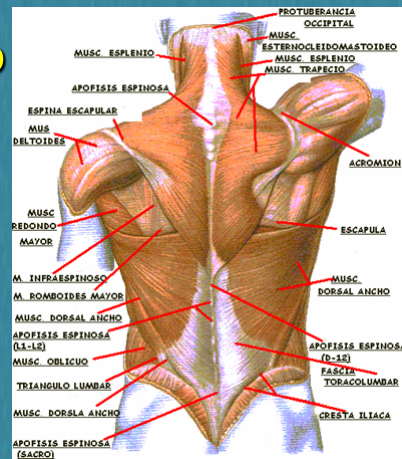
56

## Músculos - Plano Superficial

- Serrátil posterior inferior

## Músculos - Plano Médio

- Grande dorsal

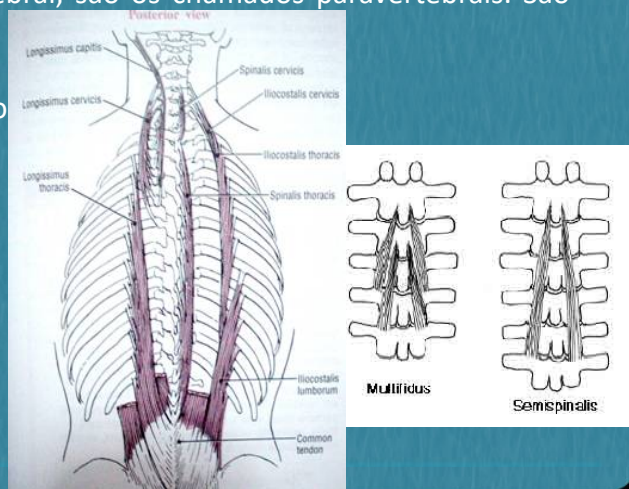


57

## Músculos - Plano Profundo

Constituído pelos músculos espinhais, diretamente aplicados sobre a coluna vertebral, são os chamados paravertebrais. São eles:

- Transverso espinhoso
- Interespinhais
- Multifídeos
- Espinhal do tórax
- Longo do tórax
- Íliocostal lombar



58

## Músculos - Coluna Lombar

- ✓ **Quadrado Lombar:** Inclinação da pelve, ativo na fase de passagem da marcha, mantém a pelve na posição neutra. Direciona a lombar (latero-lateral) por se inserir nos processos transversos. Contração bilateral = extensão lombar
  - ✓ **Abdominais**
  - ✓ **Psoas:** Flexiona o quadril, e age na lombar levando a lordose ou escoliose quando age unilateralmente.
- O quadrado e o psoas estabilizam a coluna lombar em AP.

59

## M. QUADRADO LOMBAR

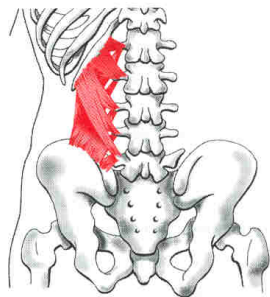
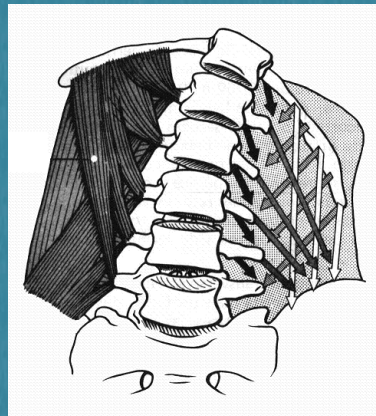


Figura 13 D – O quadrado lombar.

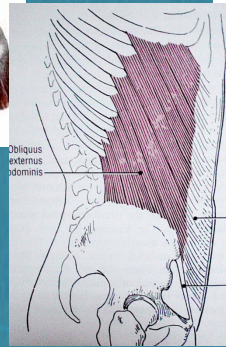
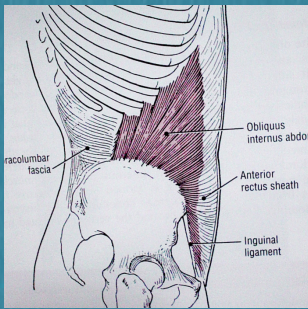


60

## Músculos da Parede Abdominal

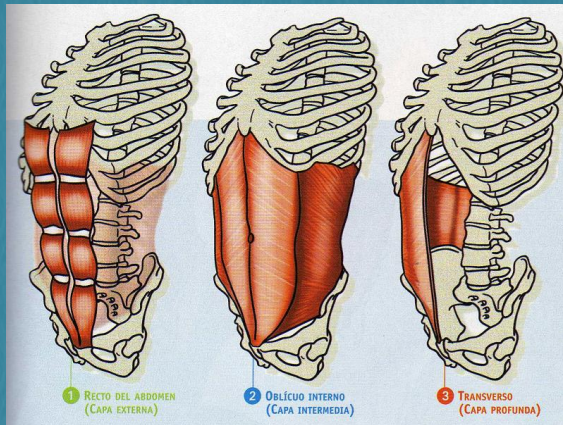
- Reto abdominal
- Transverso abdominal
- Obliquo interno
- Obliquo externo

Músculos Abdominais



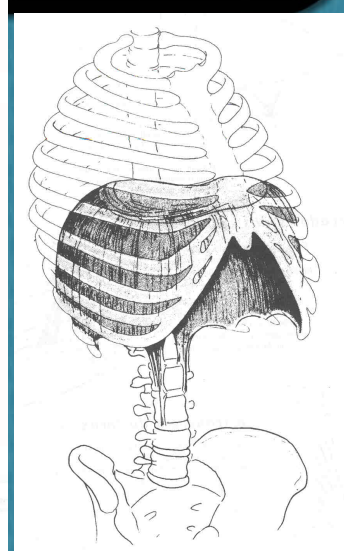
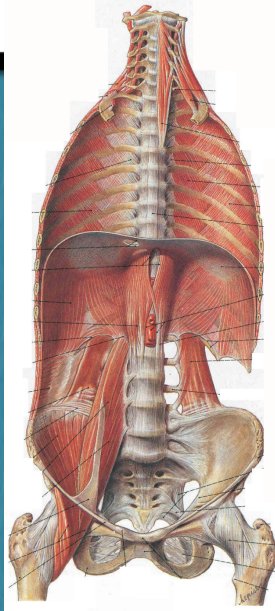
61

## Músculos da Parede Abdominal



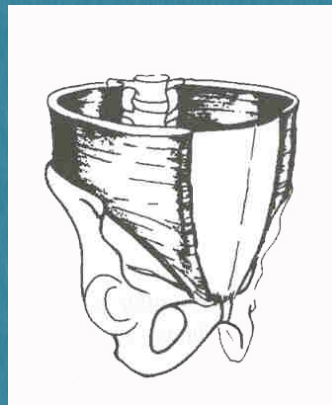
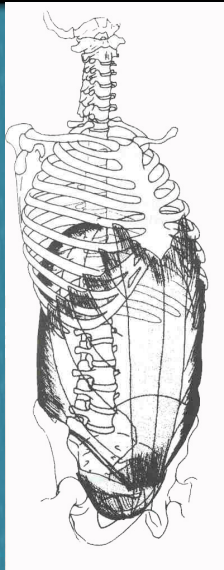
62

**Vista Anterior  
dos Músculos  
do Tronco**



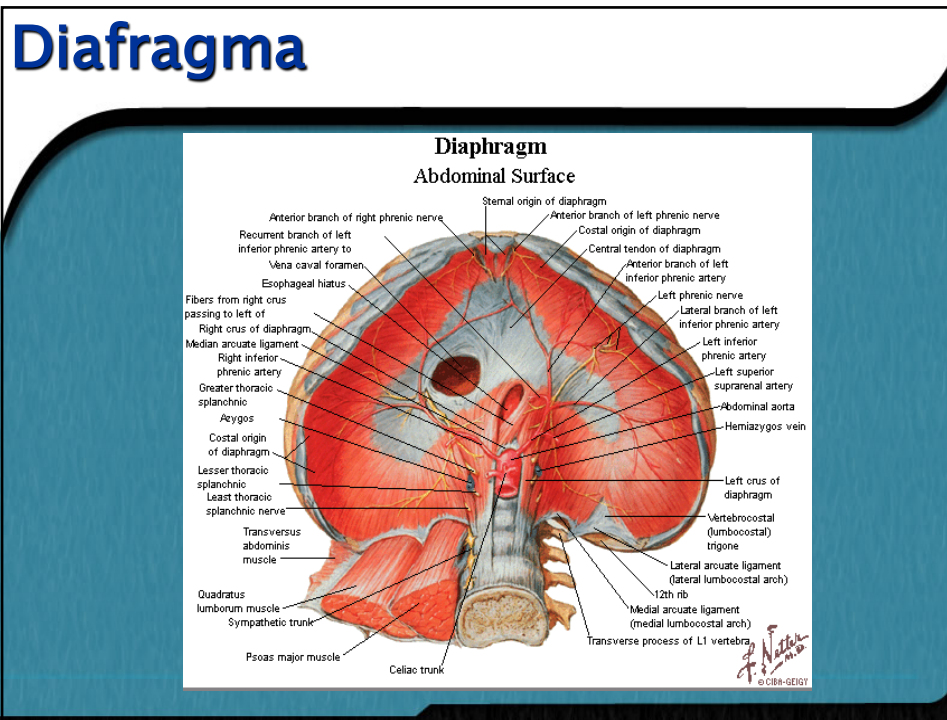
63

**CAVIDADE ABDOMINAL**



64





65

## Músculos da inspiração

- **Primários da inspiração:** diafragma, escalenos e intercostais
- **Inspiração forçada:** serrátil posterior, elevador da costela, esternocleido mastóideo, latíssimo do dorso, iliocostal torácico e cervical, peitoral maior, serrátil anterior, quadrado lombar

66

## Músculos da expiração

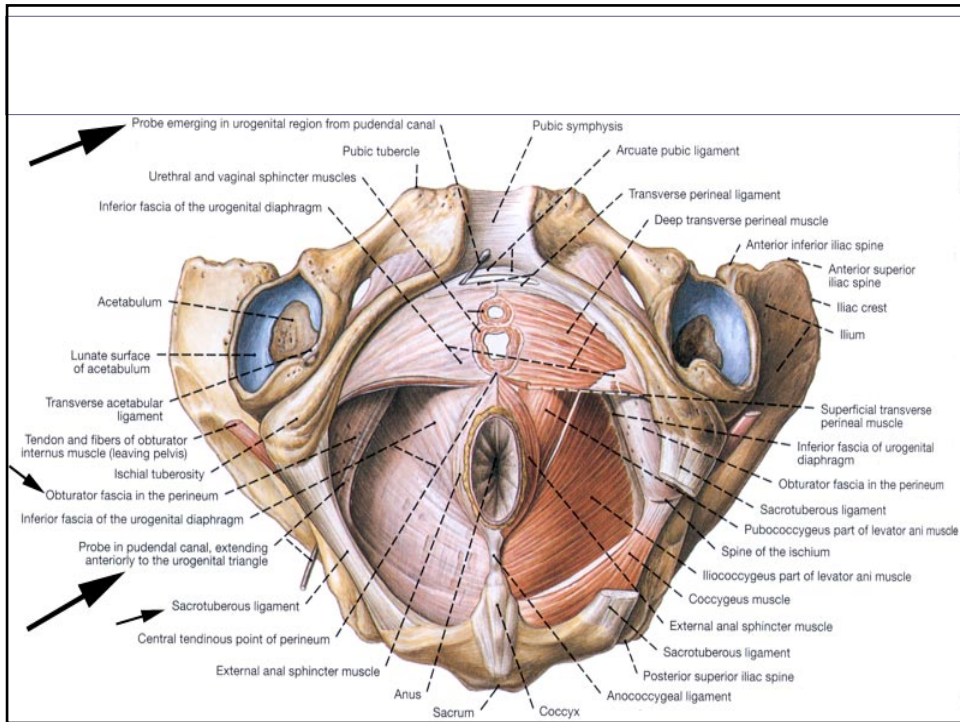
- A expiração é um processo passivo
- Expiração forçada: abdominais, transversos do tórax e intercostais

67

## Assoalho Pélvico

- A cavidade pélvica está entre os ossos ilíacos. Abaixo dela está o músculo Períneo.
- Sustenta as vísceras pélvicas, resiste aos aumentos de pressão intra-abdominais. Auxiliar importante do músculo diafragma.
- Algumas partes destes músculos estão envolvidas no controle da micção e defecação.
- Pode ainda exercer uma tração anterior sobre o cóccix, contribuindo para a inclinação posterior da pelve, ou resistir à anteversão.

68



69

## FUNÇÕES DO PERÍNEO

**ANTERIOR - ESTÁTICA**

**POSTERIOR - DINÂMICA**

70

## SINERGIAS

DIAFRAGMA X COLUNA LOMBAR/PELVE

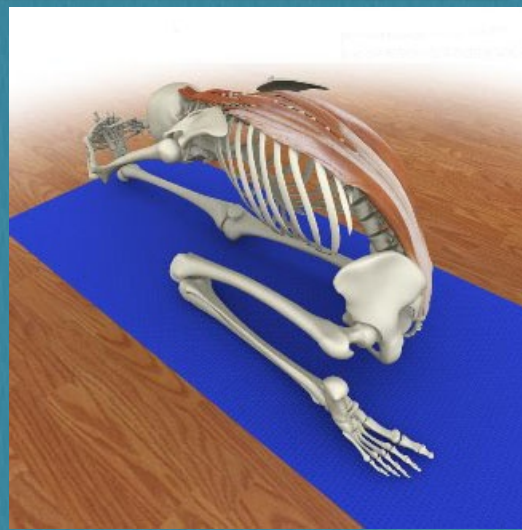
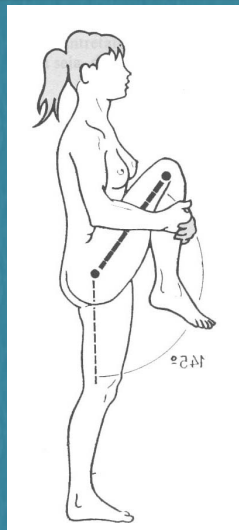
DIAFRAGMA X CINTA ABDOMINAL

DIAFRAGMA X PERÍNEO

**ESQUILÍBRIO TÓRACO-ABDOMINAL**

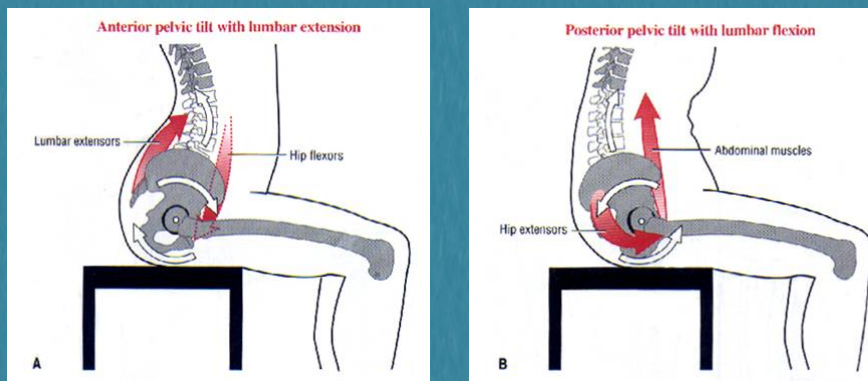
71

## QUADRIL E COLUNA LOMBAR



72

Aumenta a lordose lombar = Aumenta o  $\hat{A}$  sacro-horizontal



73

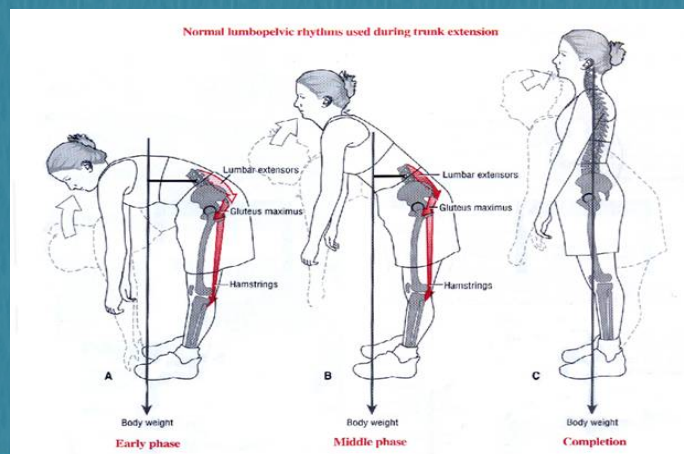
## Ritmo Lombopélvico

Relação cinemática entre a lombar e as articulações do quadril.

### FLEXÃO

lombar =  $40^\circ$

Quadril =  $70^\circ$

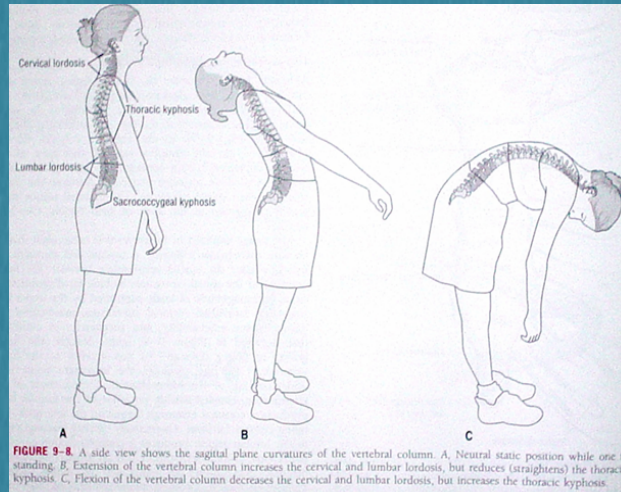


74

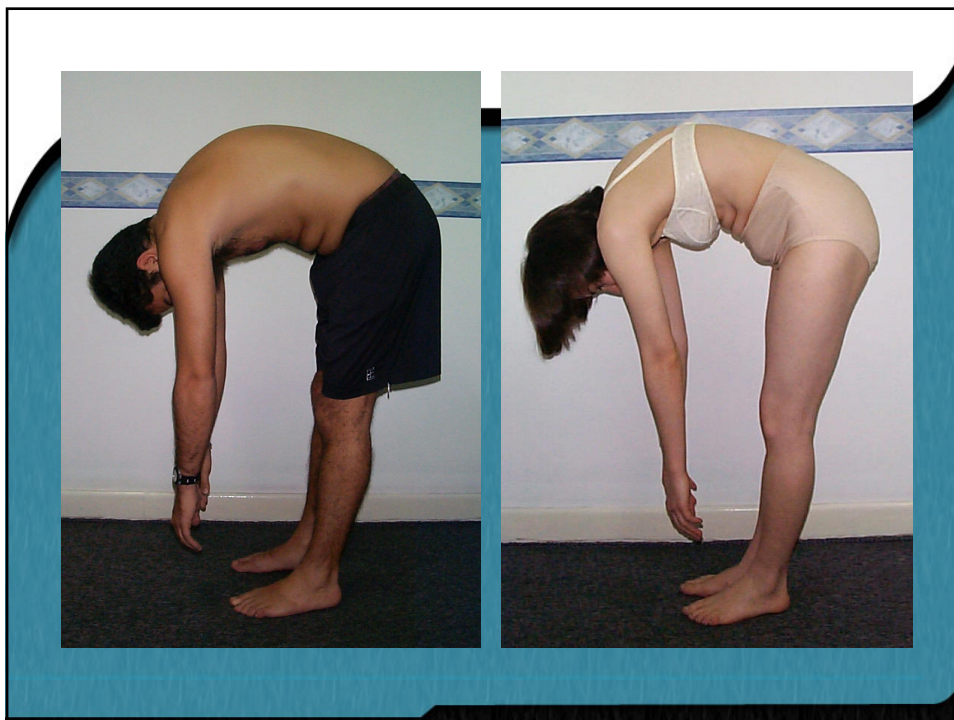
## Ritmo Lombopélvico

### EXTENSÃO

1. Extensão dos quadris
2. Extensão da lombar



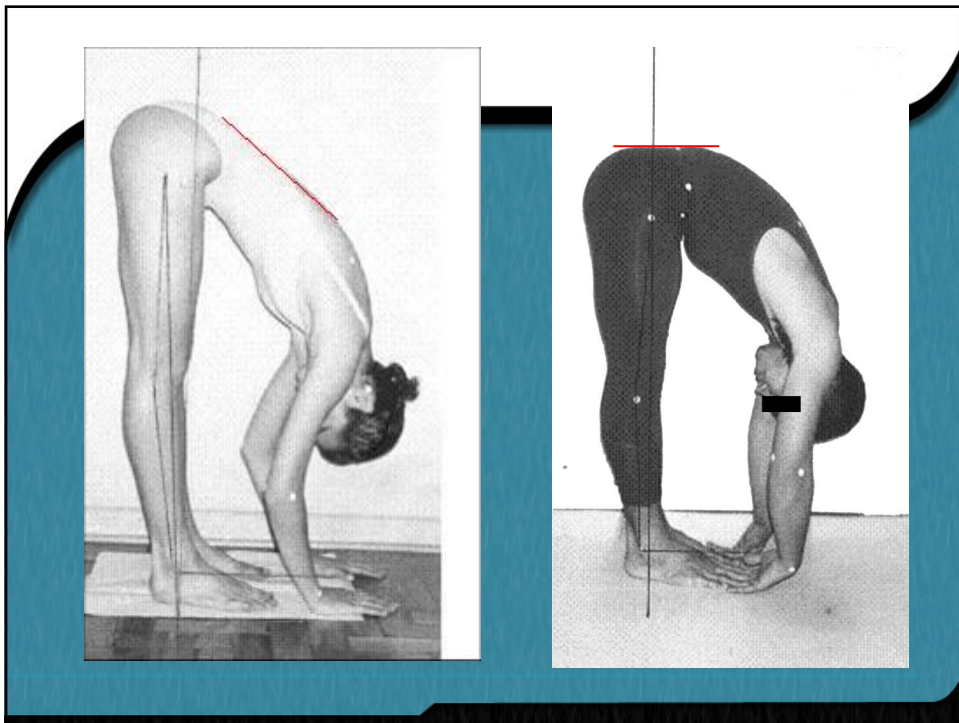
75



76



77



78

## Testes Especiais

**Teste de Elevação da perna retificada (Lasegue):** dec. dorsal, eleva a perna em  $80^\circ$ . Em caso de dor, pode ser isquiático, se a dor se estende para a perna toda ou contratura dos mm. da coxa se a dor acometer só a região posterior da coxa.



79

## Testes Especiais

- **Manobra de Valsalva:** paciente fazer força como se quisesse evacuar. Se for capaz de produzir dor nas costas ou dor que irradia ao longo das pernas, provavelmente haverá alguma patologia.



80