



Biomeccanica della colonna vertebrale

www.fisiokinesiterapia.biz

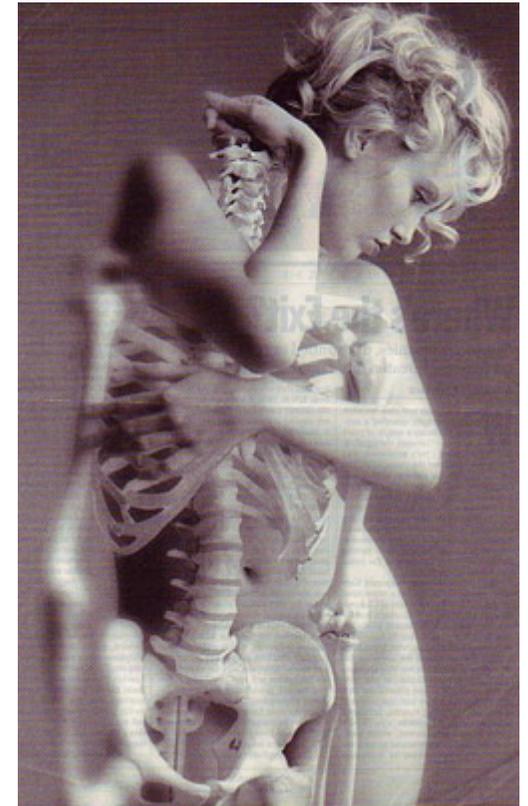
Funzioni fondamentali del rachide



SOSTENERE IL NOSTRO CORPO

CONSENTIRE LIBERTÀ DI MOVIMENTO

- Protezione midollo spinale da danni da forze esterne
- Sostegno del capo, degli arti e del tronco
- Trasferire i movimenti di testa e tronco alla pelvi
- Fisiologico movimento fra le tre parti del corpo
- Ammortizzamento delle sollecitazioni



RACHIDE

RIGIDITÀ ELASTICITÀ

Struttura a “sartie”

albero di una nave, dal bacino al capo.

Cingolo scapolare

Legamenti - Muscoli

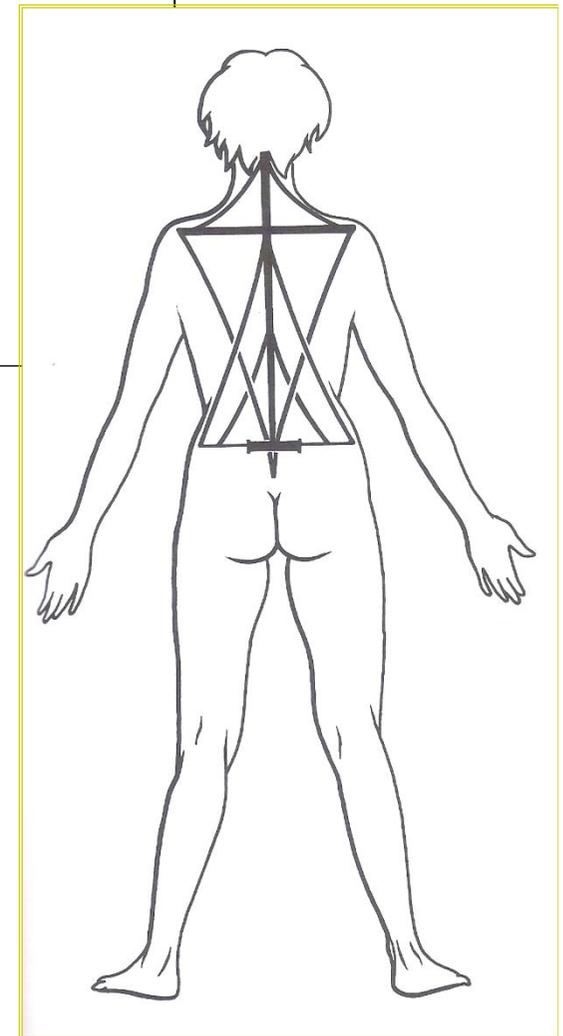
Bacino



trave trasversale

sartie

base d'impianto



struttura deformabile pur rimanendo rigida
sotto l'influenza dei suoi tiranti muscolari

**forze che agiscono sul corpo umano,
permettono i movimenti fra segmenti corporei**



- **forze esterne**

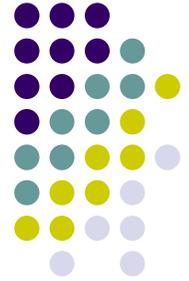
(rappresentano le interazioni fra il corpo del soggetto e l'ambiente) :

- forza di gravità;
- reazioni vincolari (forze scambiate fra piede e terreno);

- **forze interne :**

- forze di contrazione muscolare;
- forze di tensione nei legamenti;
- forze scambiate tra segmenti ossei adiacenti attraverso le superfici articolari.

Nelle attività quotidiane la colonna viene sottoposta a:



- **forze di compressione:**

assorbite soprattutto dalla porzione anteriore colonna.

- **forze di torsione:**

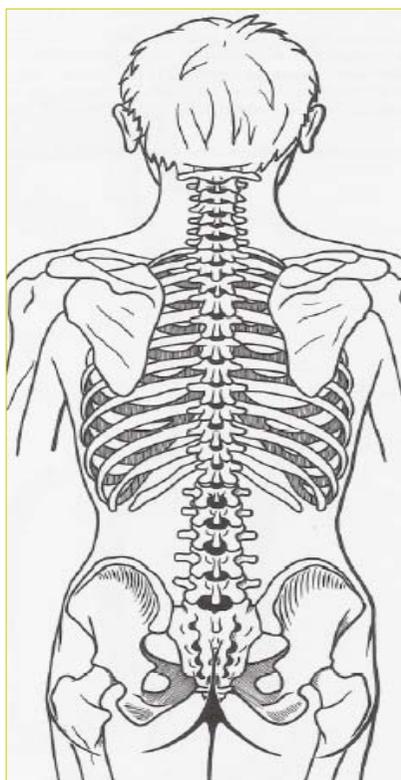
agiscono sulle articolazioni posteriori.

- **forze di tensione e di taglio:**

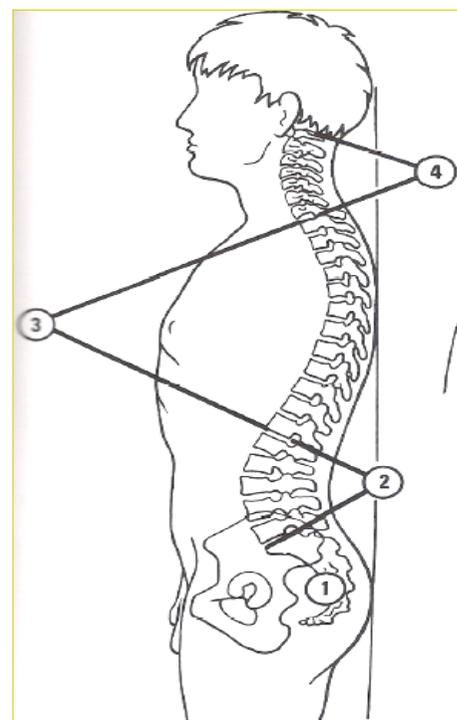
generate soprattutto da movimenti di flessione-estensione.

visione frontale

visione sagittale



rettilinea



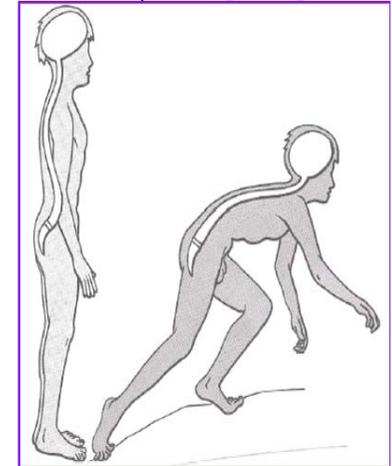
4 curvature

COMPARSA DELLE CURVATURE RACHIDEE



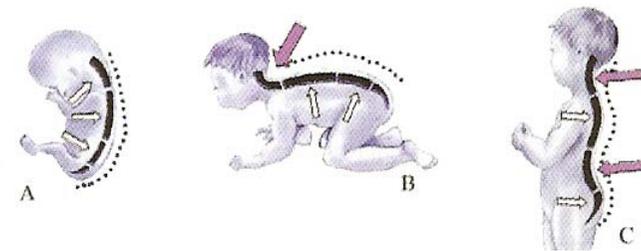
FILOGENESI

comparsa lordosi lombare
dalla posizione quadrupede alla stazione eretta
inversione curva lombare, prima concava in avanti

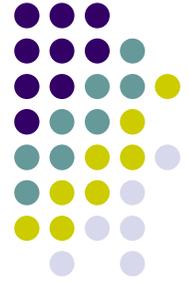


ONTOGENESI

Intrauterina: curva concavità anteriore
3 mesi : curva cervicale
1 anno stazione eretta: curva lombare



LE CURVE RACHIDEE

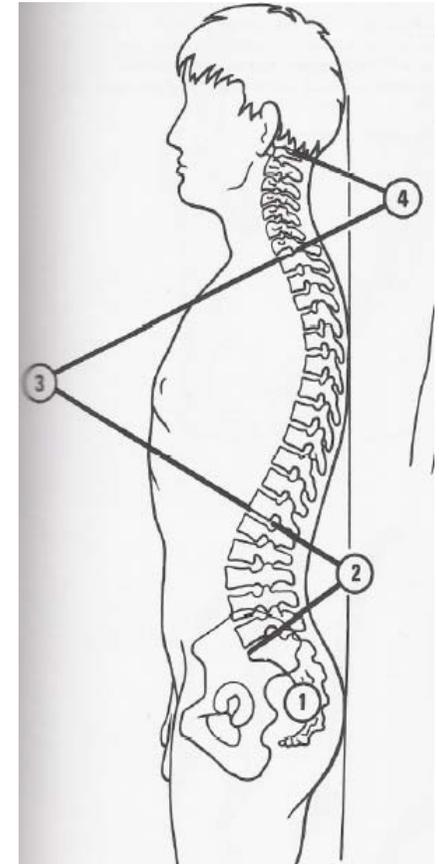


- La presenza delle curve aumenta la resistenza del rachide alle sollecitazioni di compressione assiale

INDICE DI ELASTICITA': $R = N^2 + 1$

La resistenza è proporzionale al quadrato del numero delle curve +1

la colonna vertebrale 3 curve mobili,
la resistenza dieci volte colonna rettilinea



CURVE SAGITTALI



Curva toracica per minor altezza muro anteriore dorsale

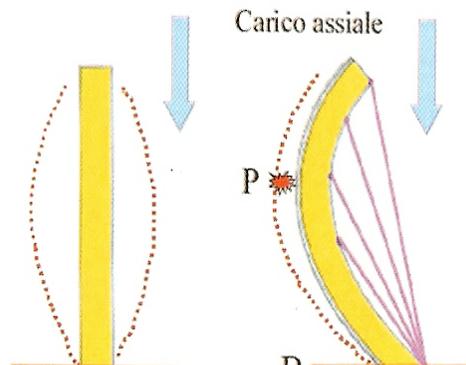
Curve cervicali e lombari per forma a cuneo dei dischi

FORZA DISTRATTIVA

Si riducono le curve cervicali e lombari non le dorsali

FORZA COMPRESSIVA

le curve aumentano resistenza meccanica
indirizzando le sollecitazioni su curvatura esistente

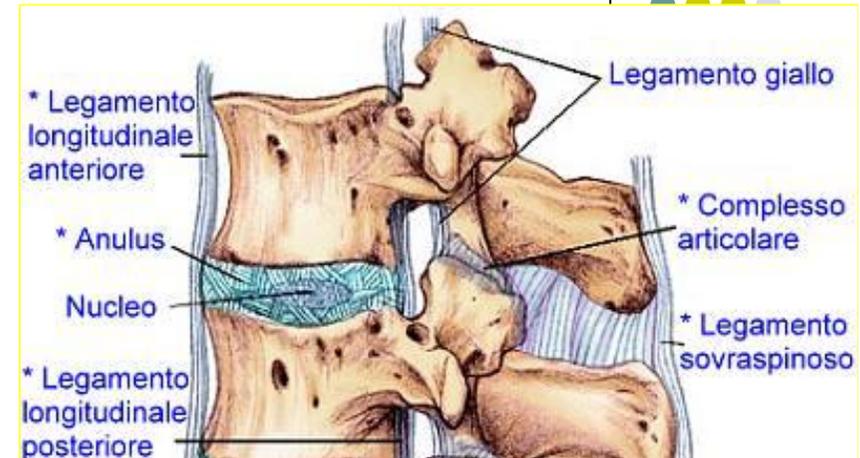


UNITÀ FUNZIONALE DEL RACHIDE



Costituita da:

- Due vertebre adiacenti
- Disco interposto
- Strutture capsulolegamentose

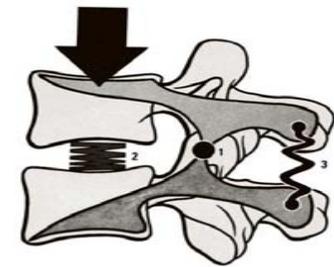


Vertebra = leva di I tipo o “interappoggio”

PUNTO APPOGGIO: articolazioni interapofisarie

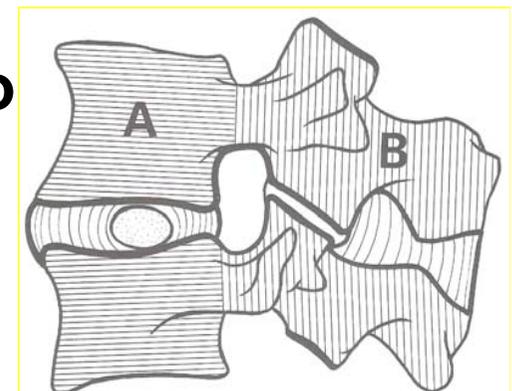
Ammortizzamento diretto e passivo: dischi

Ammortizzamento indiretto e attivo: muscoli delle docce



A: pilastro anteriore → **Funzione di sostegno**

B: pilastro posteriore → **Funzione dinamica**



UNITÀ FUNZIONALE DEL RACHIDE

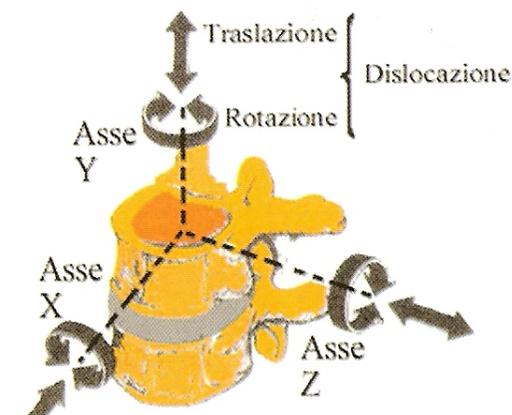


Accoppiamento cinematico con sei gradi di libertà che presenta gradi di rigidità in flessione non lineari.

Sistema di assi cartesiani

Su ogni asse movimento di rotazione e traslazione

Dislocazione = rotazione + traslazione



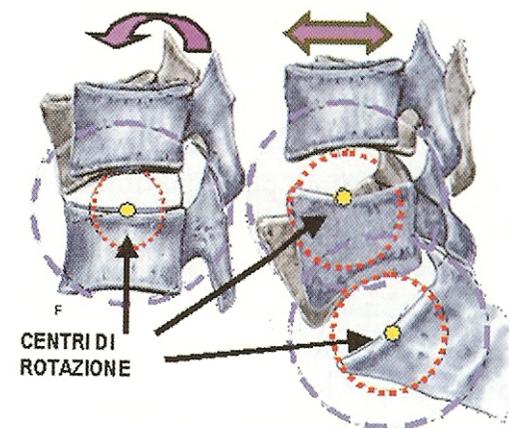
Centri di rotazione articolare

allineamento delle unità funzionale permette:



-corretta esecuzione movimenti

-corretta Postura



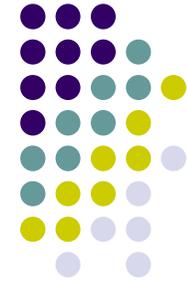
UNITÀ FUNZIONALE

caratteristiche biomeccaniche



- Stabilità
- Flessibilità
- Compressione e tensione
- Flessione, estensione, inclinazione laterale
- Rotazione assiale
- Movimenti accoppiati
- Correlazioni con faccette articolari
- Correlazione con età, processi degenerativi

UNITÀ FUNZIONALE caratteristiche biomeccaniche



- **Stabilità**

resistenza che viene offerta ad una forza

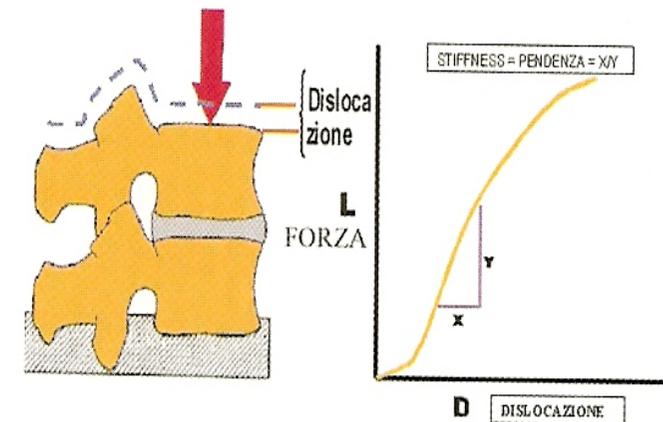
- verticale
- orizzontale

Instabilità

perdita di capacità a mantenere i rapporti vertebrali per evitare danno midollare, radicolare o deformità progressive (*White e Panjabi*)

- **Flessibilità**

Capacità di deformazione



Rapporto tra
dislocazione prodotta e forza applicata

VERTEBRA

presenta

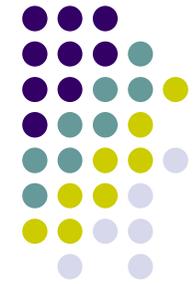
- caratteristiche simili
- aspetti differenti



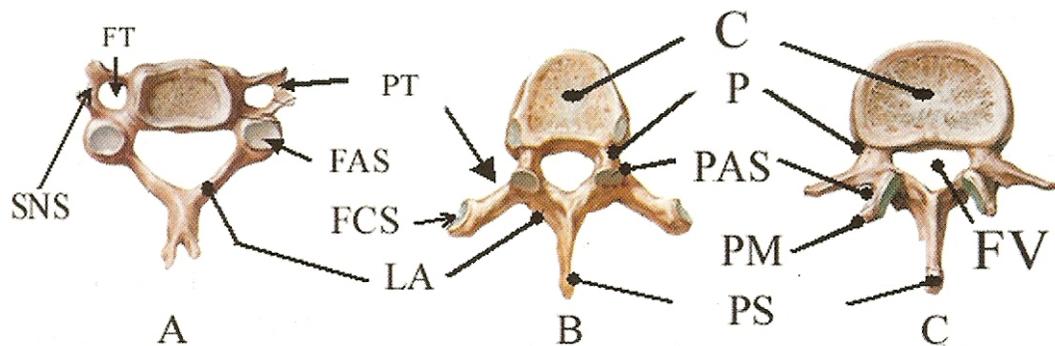
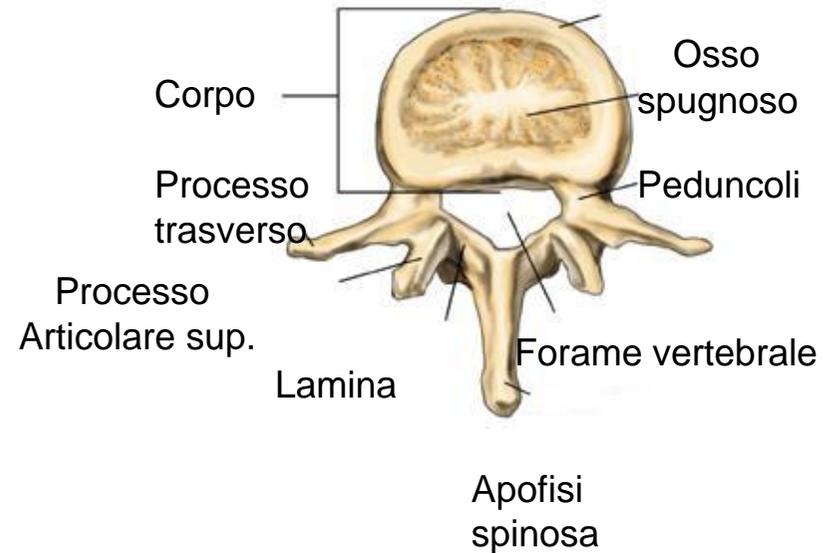
derivanti sia dall'appartenenza ai vari segmenti della colonna



sia dalla peculiarità di singole vertebre all'interno dello stesso tratto vertebrale



Corticale



CORPO VERTEBRALE

struttura a guscio = corticale
di osso denso che circonda tessuto spongioso

Asse frontale:

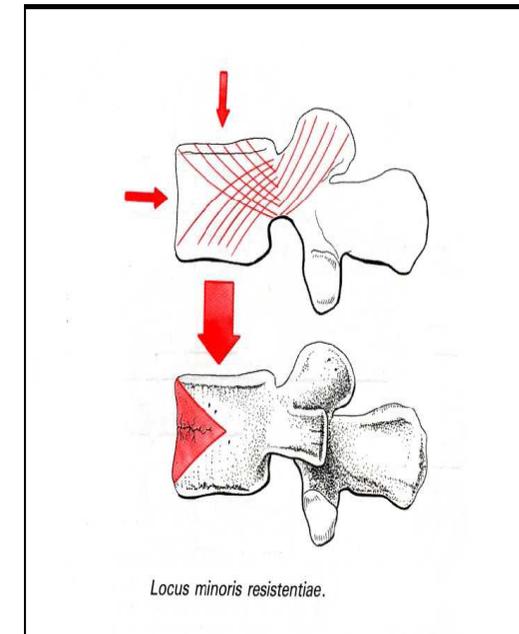
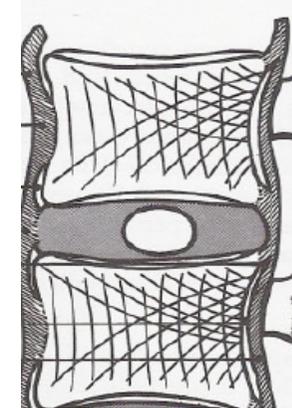
travate di osso spongioso irradiate secondo
linee di forza verticali, orizzontali e oblique

Asse sagittale

Fibre a ventaglio

Si creano in tal modo due punti di massima
resistenza ma anche una zona di minor resistenza

Triangolo a base
anteriore dove esistono
solo travate verticali



Articolazioni interapofisarie

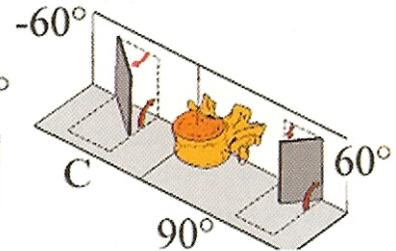
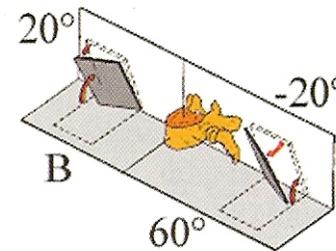
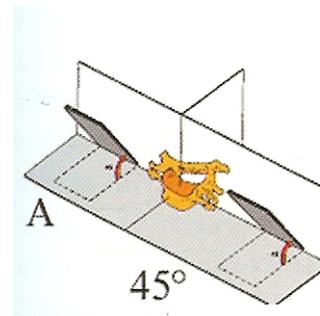
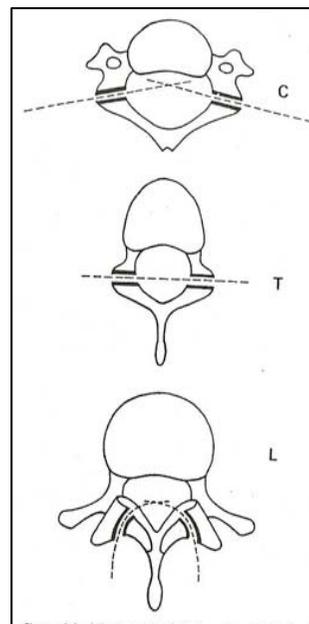
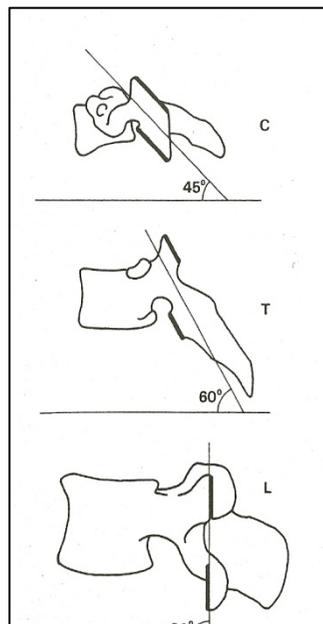


Parte cinetica che condiziona la direzione del movimento

Consentono movimento di “scivolamento” tra due superfici articolari

Guidano i differenti movimenti intervertebrali in rapporto alla obliquità delle faccette articolari

Ruolo nella **stabilità del rachide** (contrasto della traslazione)



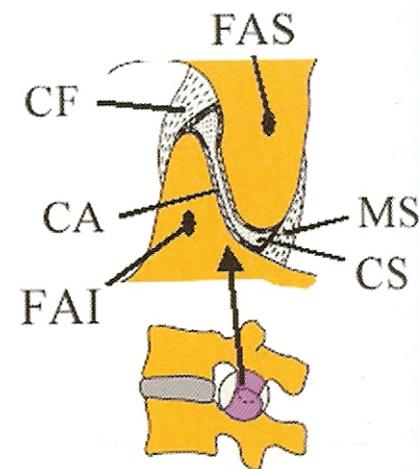
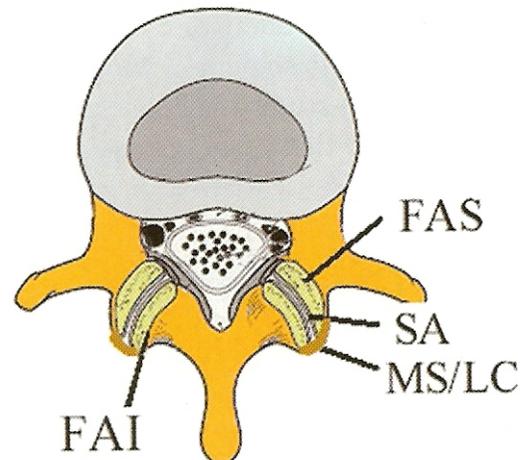
Articolazioni interapofisarie



Per morfologia

- scarsa resistenza a forze compressive o tensive
Le faccette sopportano il 18% delle forze compressive
- Buona resistenza forze torsionali o slittamento

Le faccette sopportano il 45% delle forze rotazionali
(45% disco-leg. longitudinale, 10% leg. interspinosi)



Articolazioni interapofisarie



Stabilità rotatoria in rapporto a orientamento faccette articolari posteriori

- Valori crescenti da D7-D8 sino a L3-L4 .
- Picco a D12-L1
- orientamento faccette impedisce rotazione → azione stabilizzante

Faccette articolari e patologia discale

orientamento asimmetrico faccette



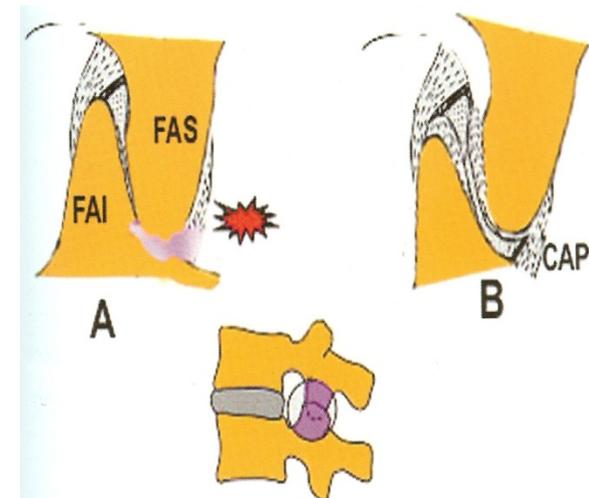
Funzione meccanica stabilizzante non congrua



Instabilità rotatoria vertebrale



sovraccarico discale

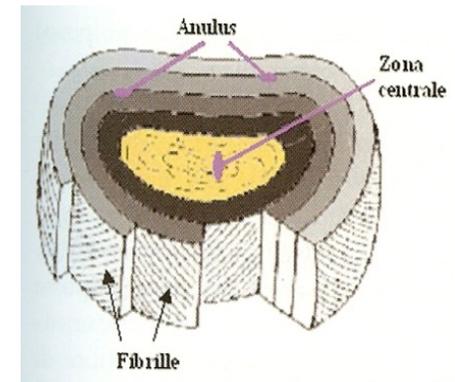


Disco intervertebrale

Zona centrale : nucleo polposo. Gelatinoso, 88% acqua, sostanza fondamentale costituita da mucopolisaccaridi.

Parte periferica: anello fibroso = successione di fasci fibrosi concentrici a decorso obliquo e incrociato ai fasci vicini.

In periferia prevalgono fibre verticali, al centro fibre oblique.

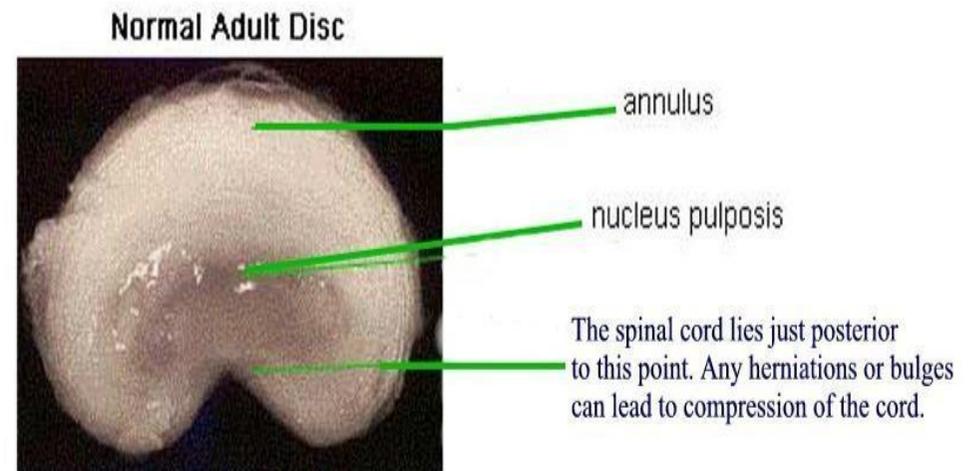


Nucleo

Non più biglia rinchiusa in anello rigido



Zona centrale
Camera idraulica
senza limiti precisi



Anulus si differenzia gradualmente dalla periferia del nucleo

Nutrizione del disco

Non vascolarizzato nell'adulto

NUTRIZIONE PER PROPRIETÀ OSMOTICHE



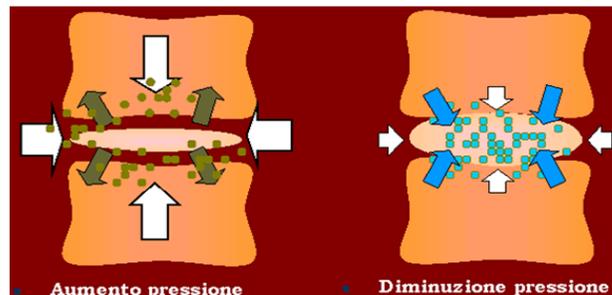
parte centrale piatto vertebrale, perforata da numerosi pori.

sotto carico: corpo in posizione eretta - pressione sull'asse del rachide
l'acqua del nucleo attraversa pori verso il centro dei corpi vertebrali

fuori carico: l'acqua ripassa da corpi a nucleo per la sua idrofilia

Stazione eretta prolungata,

alla sera il disco meno idratato e spesso che al mattino **Perdita di 2 cm**



DISCO INTERVERTEBRALE CARATTERISTICHE BIOMECCANICHE



Compressione assiale

- Il nucleo sopporta il **75%** del carico, l'anello fibroso il **25%**
- Nucleo → **DISTRIBUTORE** di **PRESSIONE**

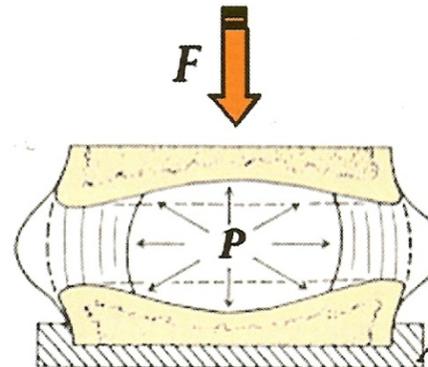
La pressione al centro del nucleo non è mai nulla



PRECOMPRESSIONE:

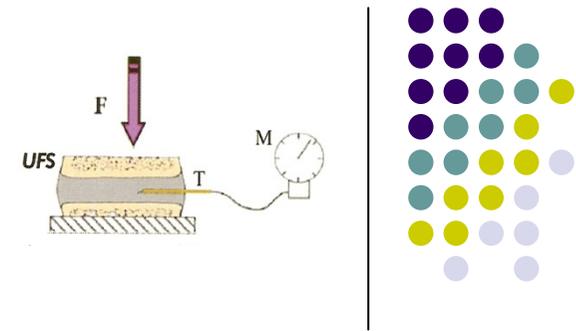
permette al disco di resistere meglio agli sforzi di compressione e flessione

il disco si schiaccia e si allarga.
Aumenta la pressione interna del nucleo che si trasmette in tutte le direzioni alle fibre più interne dell'anello.



**resistenza in compressione del disco vertebrale superiore a corpo
disco resiste fino a 550 Kg mentre la vertebra resiste fino a 450 Kg
prima di fratturarsi.**

DISCO INTERVERTEBRALE misure pressioni intradiscali



La pressione intradiscale è variabile
dipende da posizione vertebra:

Soggetto 70kg pressione su disco L3

- in piedi senza peso 70kg
- in piedi flesso 20° senza peso → 120kg
- in piedi flesso 20° con peso 20kg → 340Kg
- in piedi flesso 20° con peso 30kg → 450Kg

Rischio rottura posteriore anello



addominali tonici riducono pressione intradiscale =30%

creano una pressione intra-addominale, durante lo sforzo, con diminuzione pressione intradiscale;

Il biomeccanica della lombalgia acuta con rottura dell'anello



FENOMENO DI INVECCHIAMENTO

Il disco risponde a un carico costante riducendo il suo spessore in maniera esponenziale

Il processo di disidratazione è proporzionale al volume del nucleo



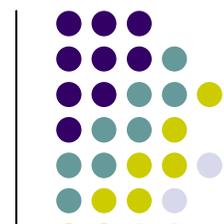
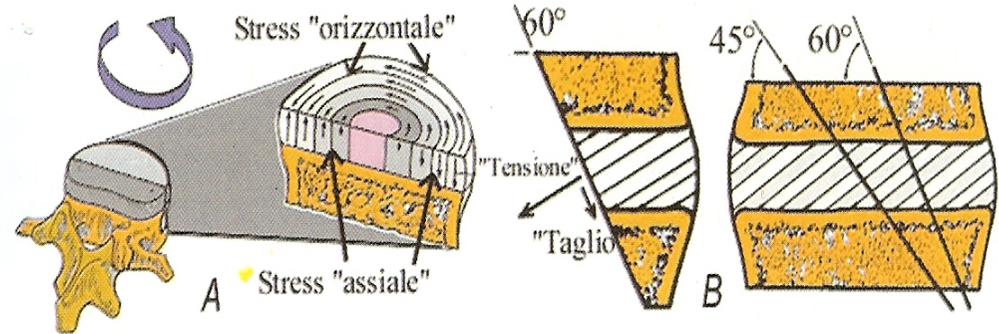
Il recupero dello spessore avviene in maniera esponenzialmente inversa \longrightarrow C'è bisogno di un determinato tempo

se il processo di carico/scarico è molto veloce o dura molto tempo non recupero dello spessore iniziale.

Ripercussione sulle articolazioni interapofisarie:
diminuzione altezza disco aumenta interlinea porzione posteriore
Tale distorsione articolare è un fattore di artrosi



ROTAZIONE ASSIALE:



Su disco stress su piano orizzontale e assiale

Nucleo fortemente compresso.

Pressione interna proporzionale al grado di rotazione

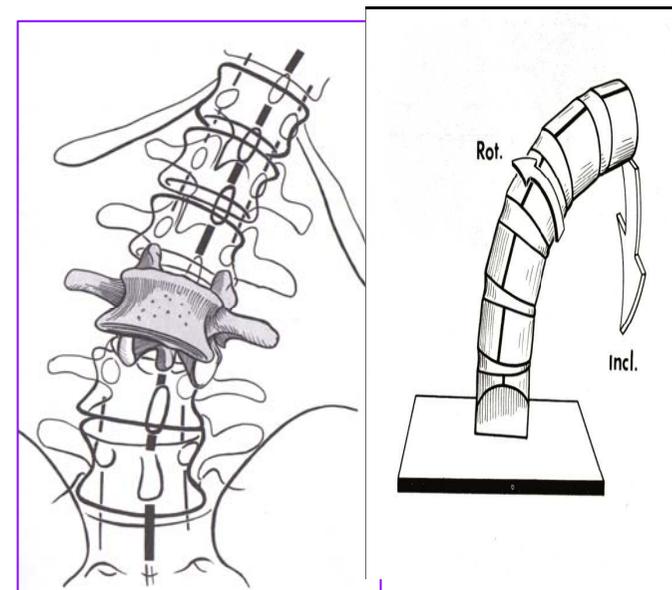
fibre anulus si tendono con obliquità opposta al movimento
strati centrali la tensione è massima, per maggiore obliquità fibre
strati intermedi fibre detese

MOVIMENTI ACCOPPIATI

Inclinazione laterale con rotazione automatica

Durante l'inclinazione laterale i corpi ruotano su loro stessi

Corpo vertebrale si sposta verso convessità
La linea delle spinose si sposta verso la concavità

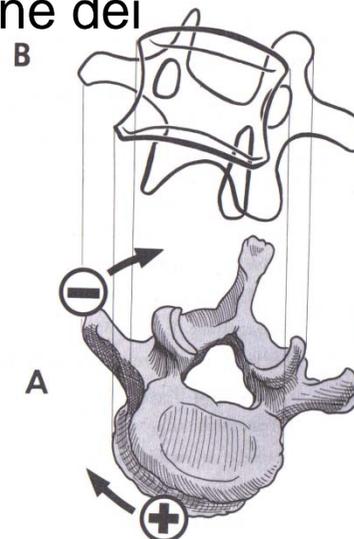


Questo avviene per 2 motivi:

A) COMPRESSIONE DEI DISCHI
si sposta verso la convessità

B) MESSA IN TENSIONE DEI LEGAMENTI
I legamenti posti in tensione dalla flessione laterale si spostano verso la linea mediana

Messa in tensione dei legamenti



Aumento pressione del disco

SISTEMA LEGAMENTOSO

Elementi di connessione intervertebrale

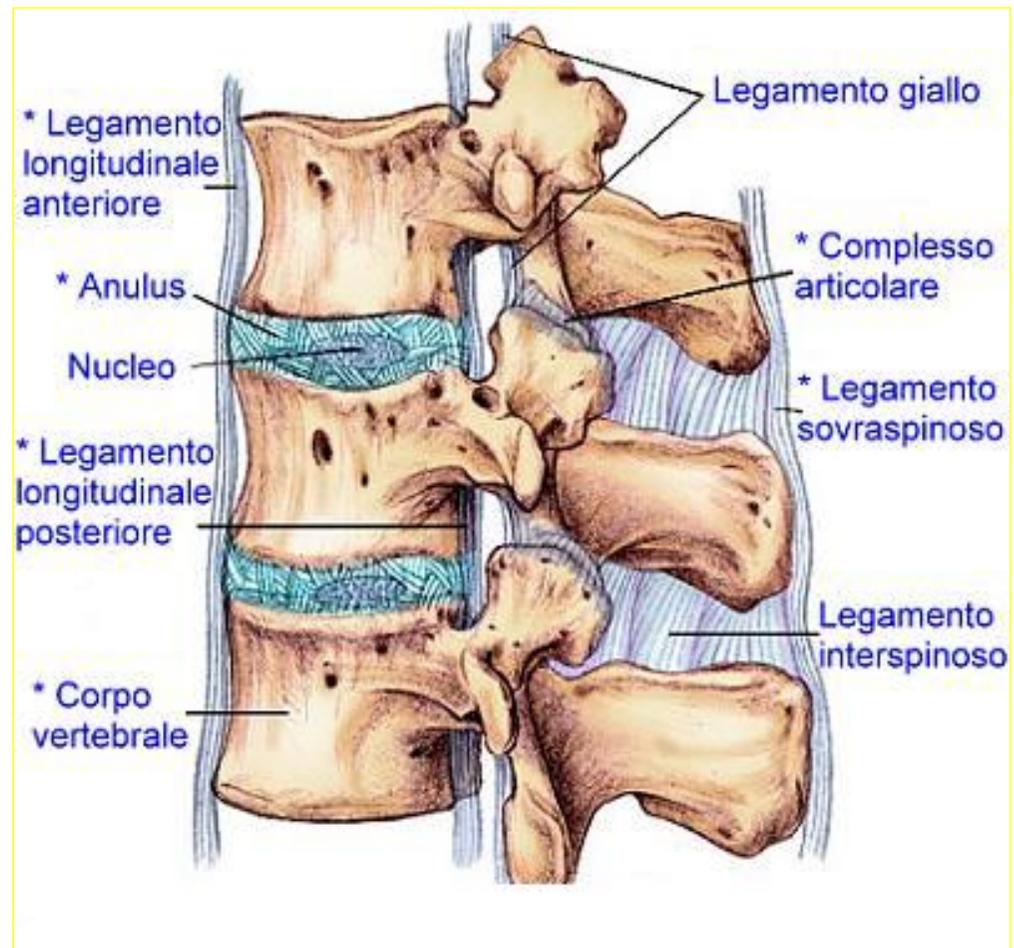


Pilastro anteriore

- legamento vertebrale comune anteriore
- legamento vertebrale comune posteriore

Arco posteriore

- legamento giallo
- legamento interspinoso
- legamento sovraspinoso
- legamento intertrasverso



SISTEMA LEGAMENTOSO

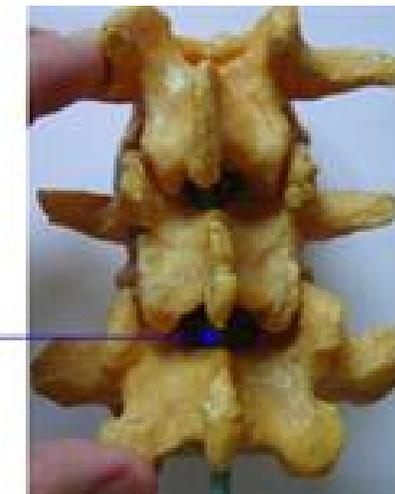
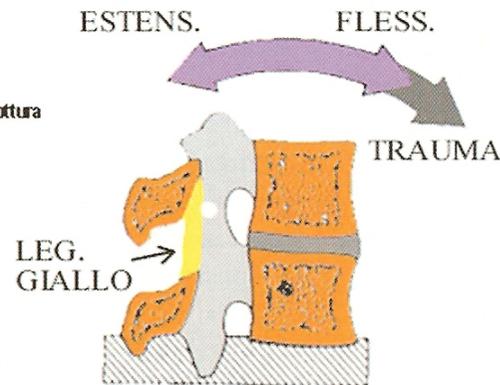
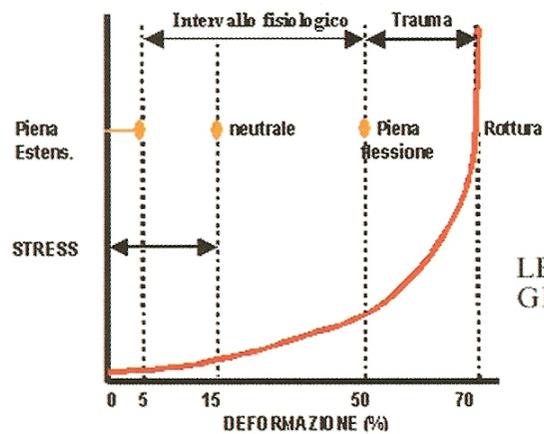
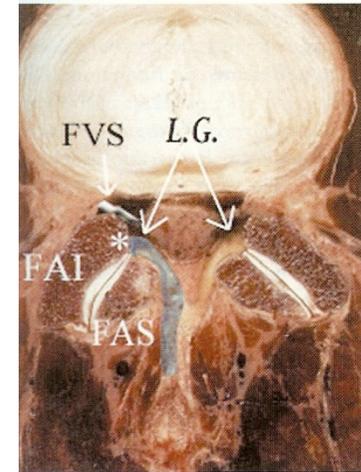
Arco posteriore

- legamento giallo

Collega lamine, chiude canale

Spesso ed elastico (80% elastina)

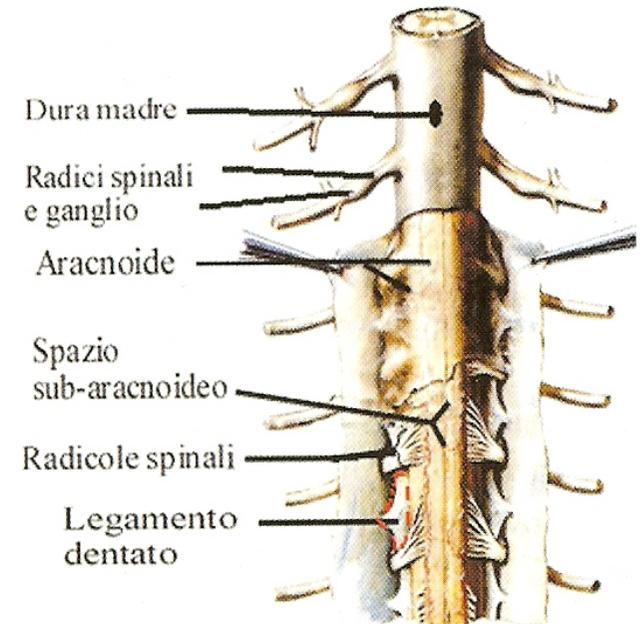
Protezioni bordo posteriore forame coniugazione
elementi nervosi in flessione



MIDOLLO SPINALE



- **Legamento dentato:**
ispessimento della pia madre tra radici
anteriori-posteriori fissato su strato
interno della dura
(solo tratto cervico-dorsale sino a D12-L1)



Stabilità

Ruolo legamenti dentati

Solo minima limitazione della dislocazione antero-posteriore

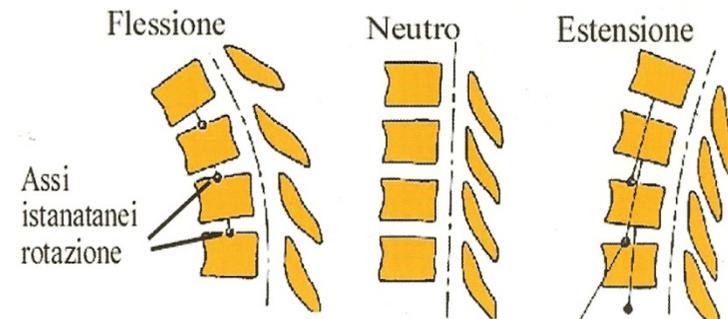
MIDOLLO SPINALE

caratteristiche biomeccaniche



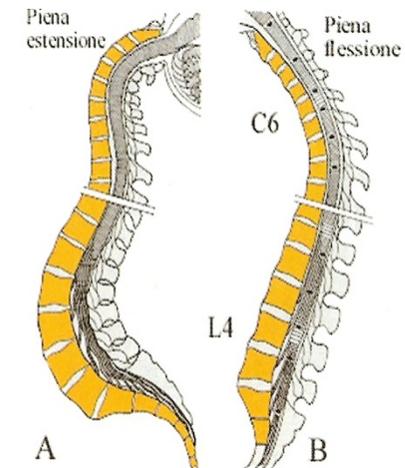
Flessione rachide → midollo si estende
per centri di rotazioni con posizione anteriore

Estensione rachide → midollo si accorcia



Variazioni di lunghezza possibili per meccanismo di ripiegatura-dispiegatura (effetto fisarmonica)

Rachide in posizione neutra
midollo ripiegato a fisarmonica



Muscoli

classificazione di Gillot

Secondo piano apofisi trasverse:

1) Muscoli prima delle apofisi trasverse

- Piccolo retto anteriore occipite
- psoas

2)muscoli fra le apofisi trasverse

Scaleni

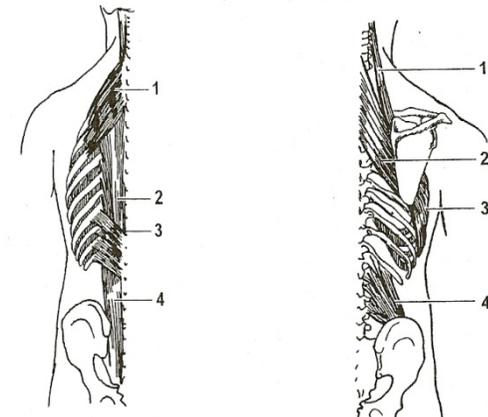
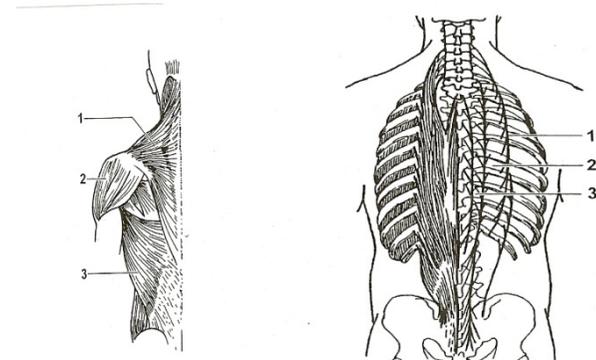
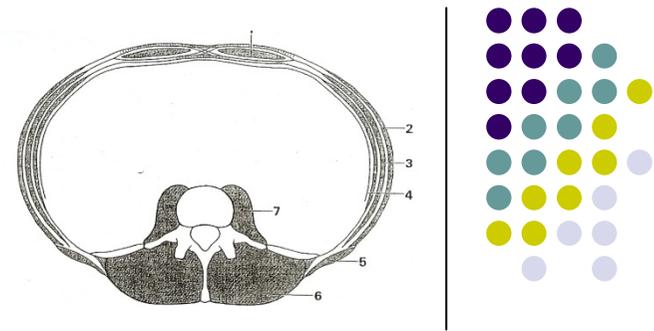
Intercostali

Quadrato dei lombi

3)Muscoli dietro le apofisi trasverse

Musc. Docce vertebrali

Suboccipitali



Movimenti del rachide

3 gradi di libertà



- flesso-estensione  piano sagittale
- inclinazione laterale  piano frontale
- rotazione assiale  piano trasverso

FLESSO-ESTENSIONE AMPIEZZA GLOBALE



FLESSIONE/ESTENSIONE (140°-90°)

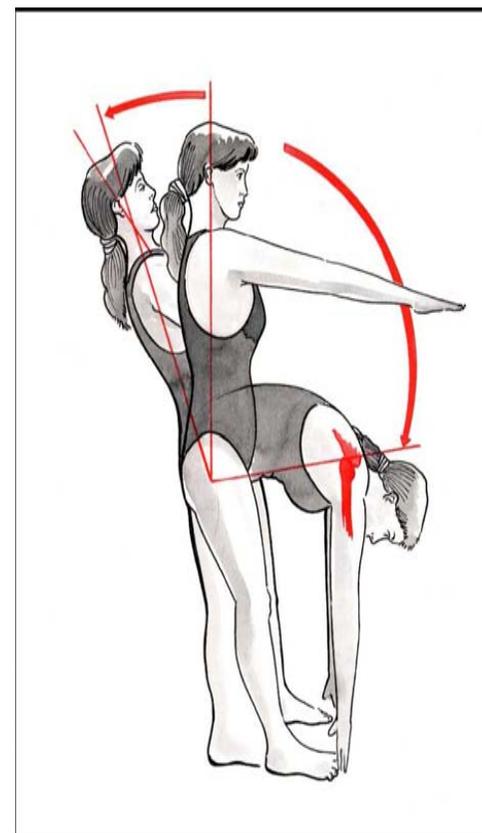
Piano sagittale, asse di rotazione trasverso

Il rachide cervicale flette $\pm 40^\circ$

Flessione del tronco: $\pm 100^\circ$ di cui
tratto lombare circa 60°
tratto dorsale circa 40°

Il rachide cervicale estende $\pm 45^\circ$

Estensione del tronco: $\pm 45^\circ$ di cui
tratto lombare circa 30°
tratto dorsale circa 15°



INCLINAZIONE LATERALE AMPIEZZA GLOBALE

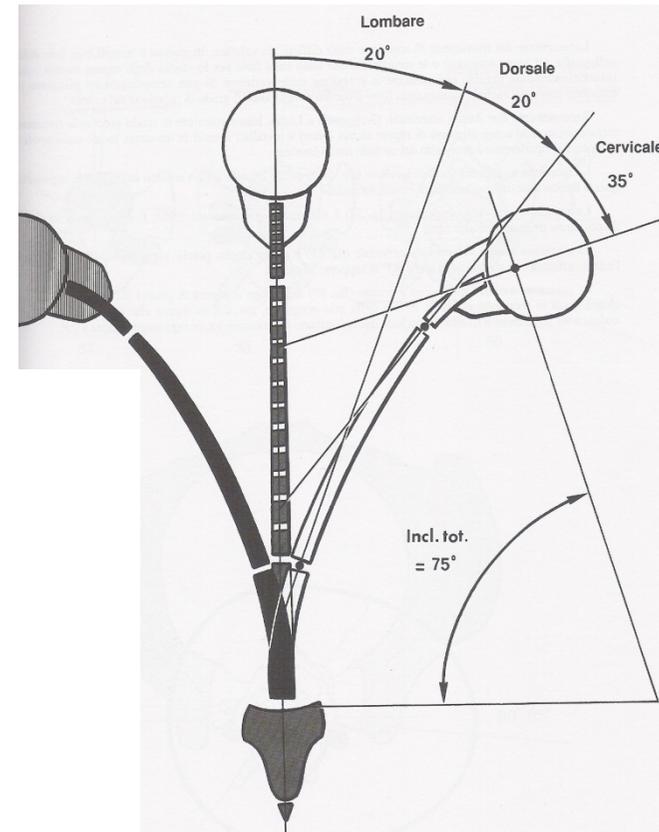


INCLINAZIONE TOTALE FRA CRANIO E SACRO

75° - 85°

Sul piano frontale:

- Cervicale: **35°-45°**
- Dorsale: **20°**
- Lombare: **20°**

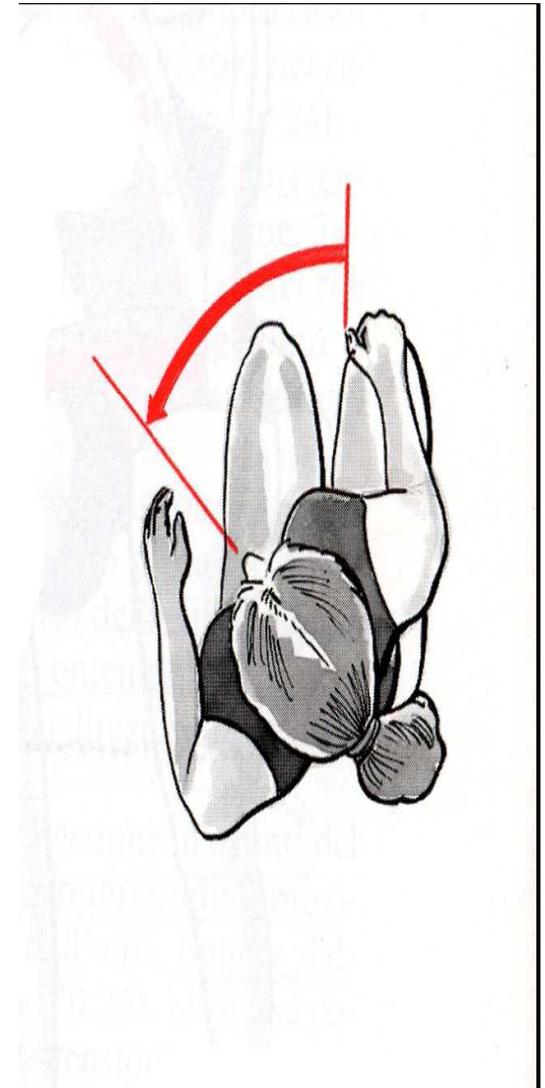


www.fisiokinesiterapia.biz

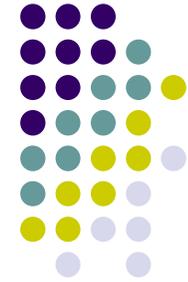
AMPIEZZA GLOBALE ROTAZIONE



- LA ROTAZIONE ASSIALE
FRA BACINO E CRANIO RAGGIUNGE I **90°**
- RACHIDE CERVICALE: **45°-50°**
- RACHIDE DORSALE: **35°**
- RACHIDE LOMBARE: **5°**



RACHIDE CERVICALE

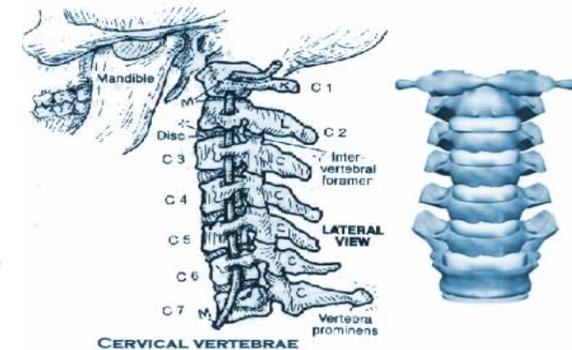


rachide cervicale superiore:

I e II vertebra cervicale

Occipite-C1 solo flesso-estensione

fra atlante - epistrofeo grande mobilità rotazione 90°



-rachide cervicale inferiore:

piatto inferiore epistrofeo - piatto superiore I dorsale.

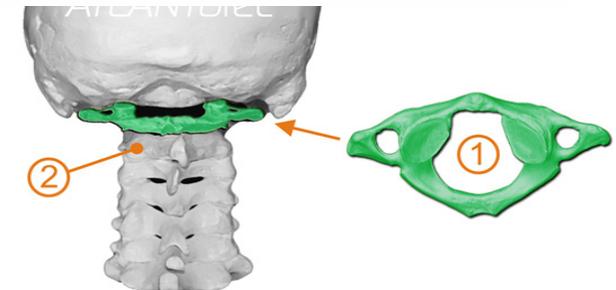
Presenza uncus rapporti art. vertebrale e simpatico

Apofisi trasverse con foro trasversario

fra C4-C6 massima curvatura statica

tratto più mobile prevale la flesso-estensione

Segmento più esposto a stress

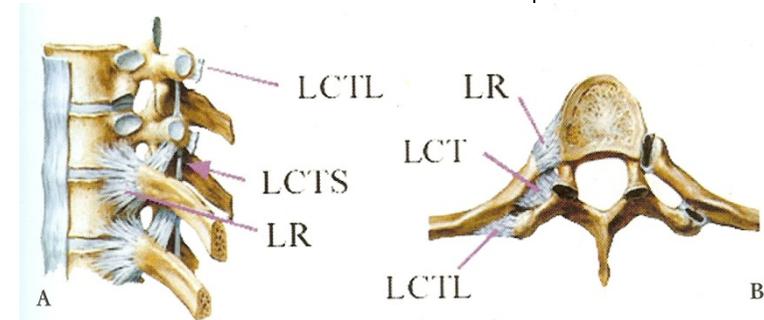


Flessione 50°
Estensione 60°
Inclinazione dx 45°
Inclinazione sx 45°
Rotazione dx 80°
Rotazione sx 80°

RACHIDE DORSALE

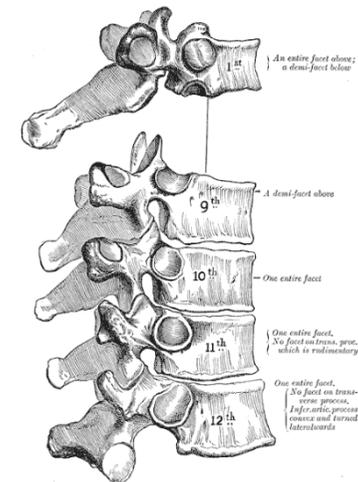


- Articolazione costo vertebrale
 - Apofisi articolari
- Su piano quasi frontale
inclinate 60° su piano orizzontale
- Favorita la mobilità contrastata dalle costole



D12 vertebra di transizione

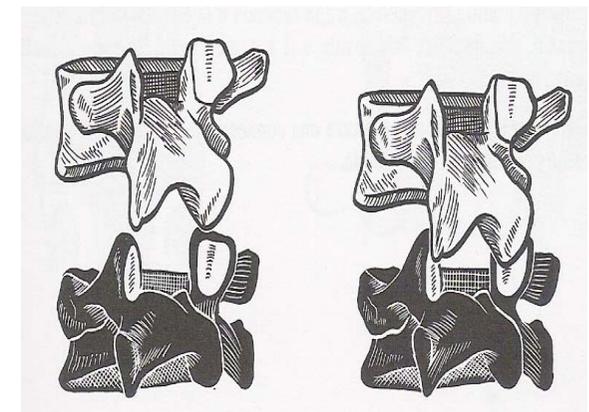
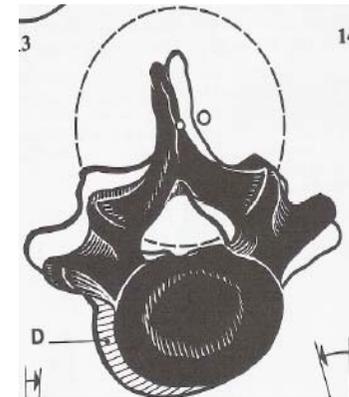
solo 2 faccette costali piatto superiore
Le apofisi articolari sup. orientate all'infuori e in avanti come faccette inf. vertebre lombari.



RACHIDE LOMBARE



- ∞ rotazione assiale molto limitata
a causa dell'orientamento delle faccette articolari.
(in dietro in dentro)
- estensione limitata
dalle sporgenze ossee dell'arco posteriore e dal
legamento vertebrale comune anteriore.
- il movimento di flessione limitato
dalla tensione della capsula e dei legamenti
dell'arco posteriore



Cerniera lombo-sacrale



un punto debole del rachide:

corpo V lombare tende a slittare in basso e in avanti per l'inclinazione della prima sacrale

Questo slittamento è impedito dalle solide connessioni dell'arco posteriore di L5, a livello dell'istmo vertebrale

