

Wien, 30.01.2010

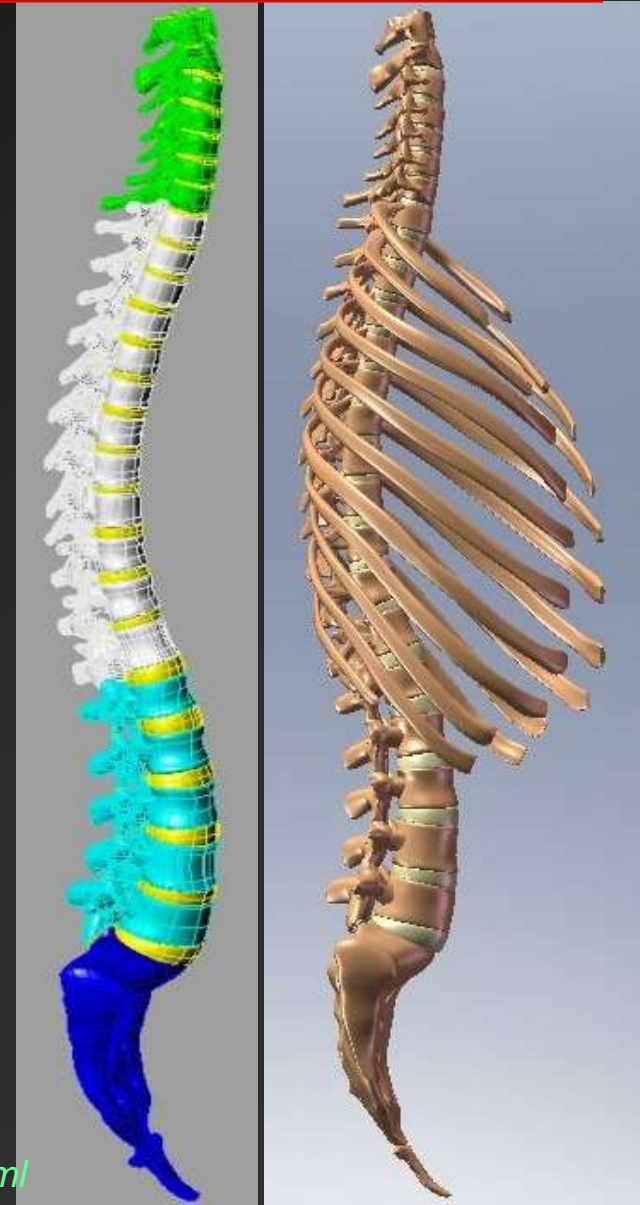
# „das unausgeglichene sagittale Profil“: Wirbelsäulenröntgen im Stehen und dynamische Verfahren

Iris-M. Nöbauer-Huhmann



# Das sagittale WS- Profil

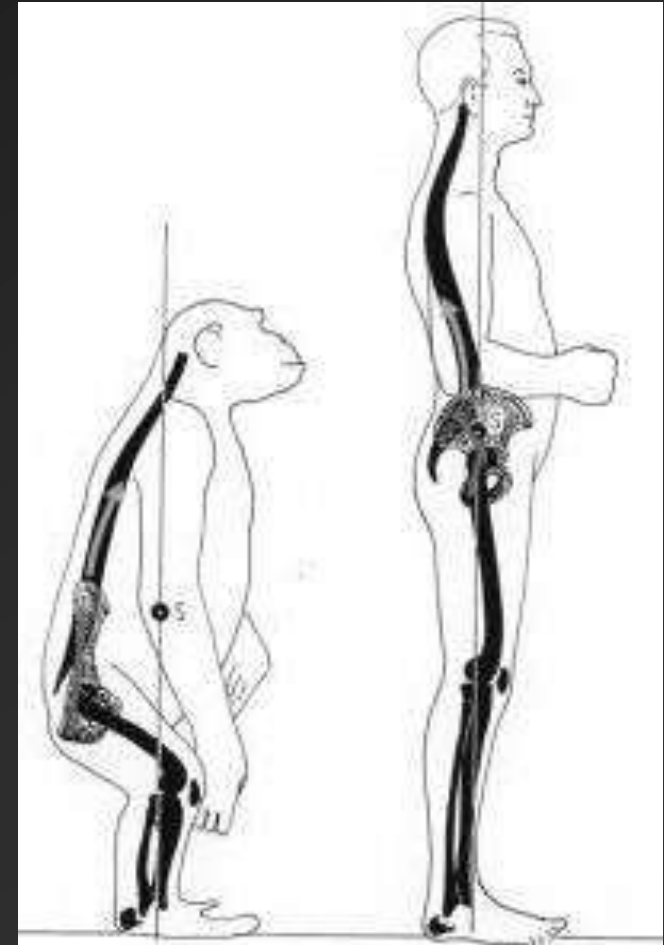
- I Bedeutung
- Messung + Normwerte
- II Pathologisches Profil



# Das sagittale WS- Profil

*Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010*

- effiziente **Belastungsabsorption**
- bessere **Effizienz der WS-Muskulatur**
- besonders Lendenlordose wichtige Rolle für Beibehaltung einer **effizienten aufrechten Position**



# Projektionsröntgen

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

## Gesamte WS im Stehen



Bild: Barrey C, et al. Eur  
Spine J 2007; 16:1459-1467

bequeme Position  
Knie durchgestreckt  
Arme passiv flektiert (30 -45°)  
Bild zentriert auf 12. BWK  
Volle Länge nur falls nötig:  
(Occiput bis lateraler Femur)



# Projektionsröntgen

Sehr variables sagittales Profil

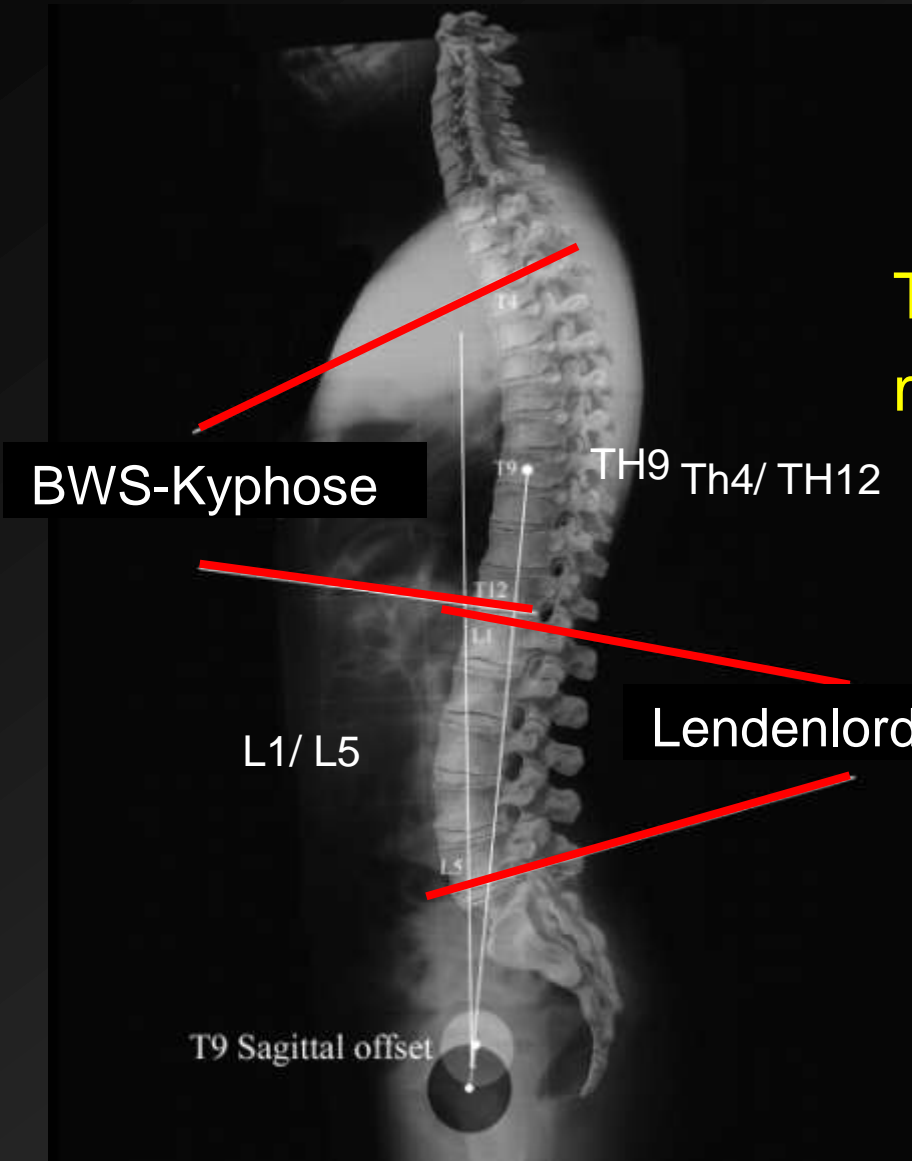
*“Fingerabdruck der WS”*



*Was ist ein normales  
sagittales Profil ??*

# Parameter im Projektionsröntgen

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010



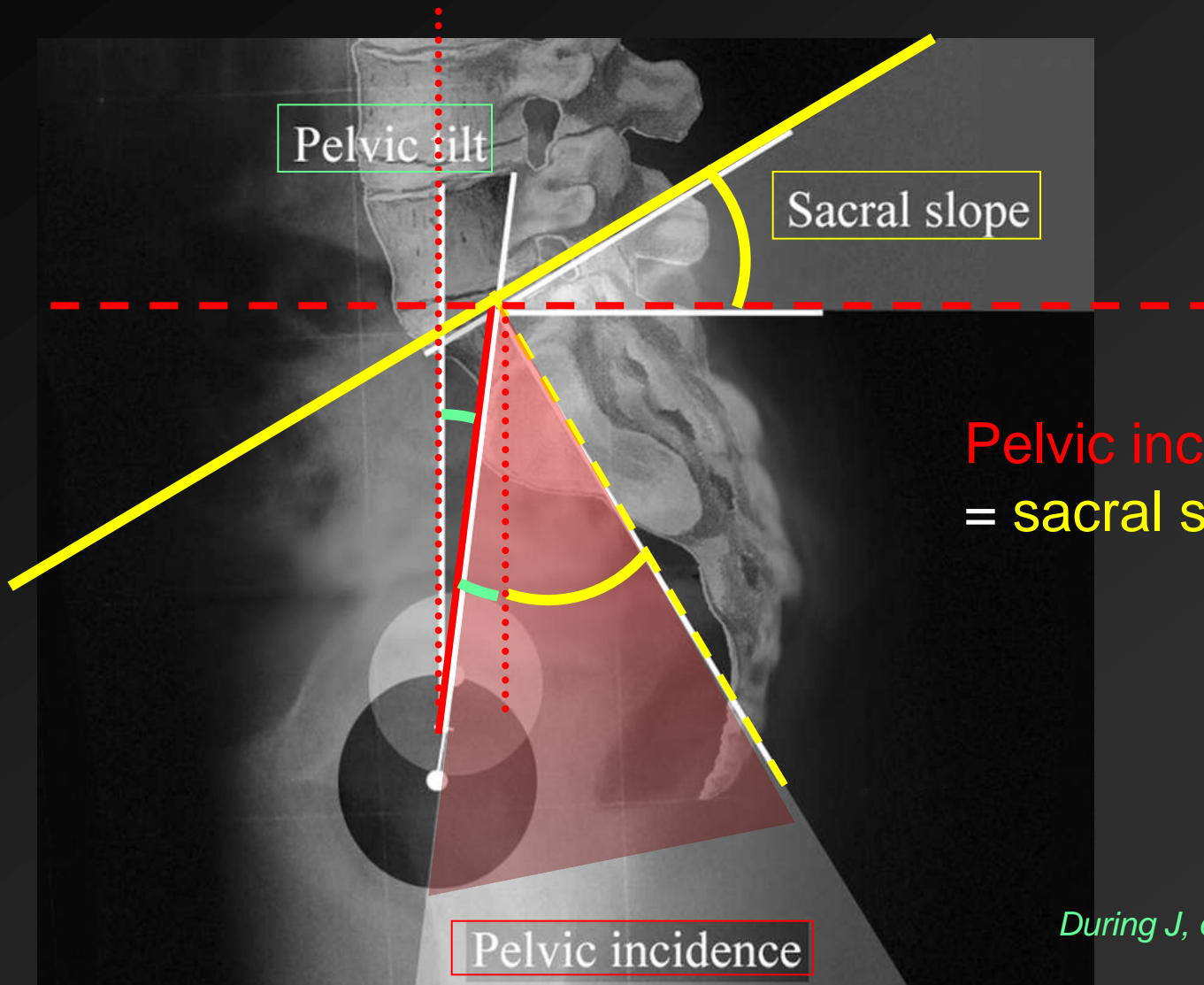
T4-T12- Kyphose:  $40.6^\circ \pm 10^\circ$   
max\* BWS-Kyphose:  $41^\circ \pm 10^\circ$

L1-L5- Lordose:  $-43^\circ \pm 11^\circ$   
max\* LWS-Lordose:  $-60^\circ \pm 10^\circ$

\* ggü. thorakolumbalem Transitionswirbel

# Parameter im Projektionsröntgen

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

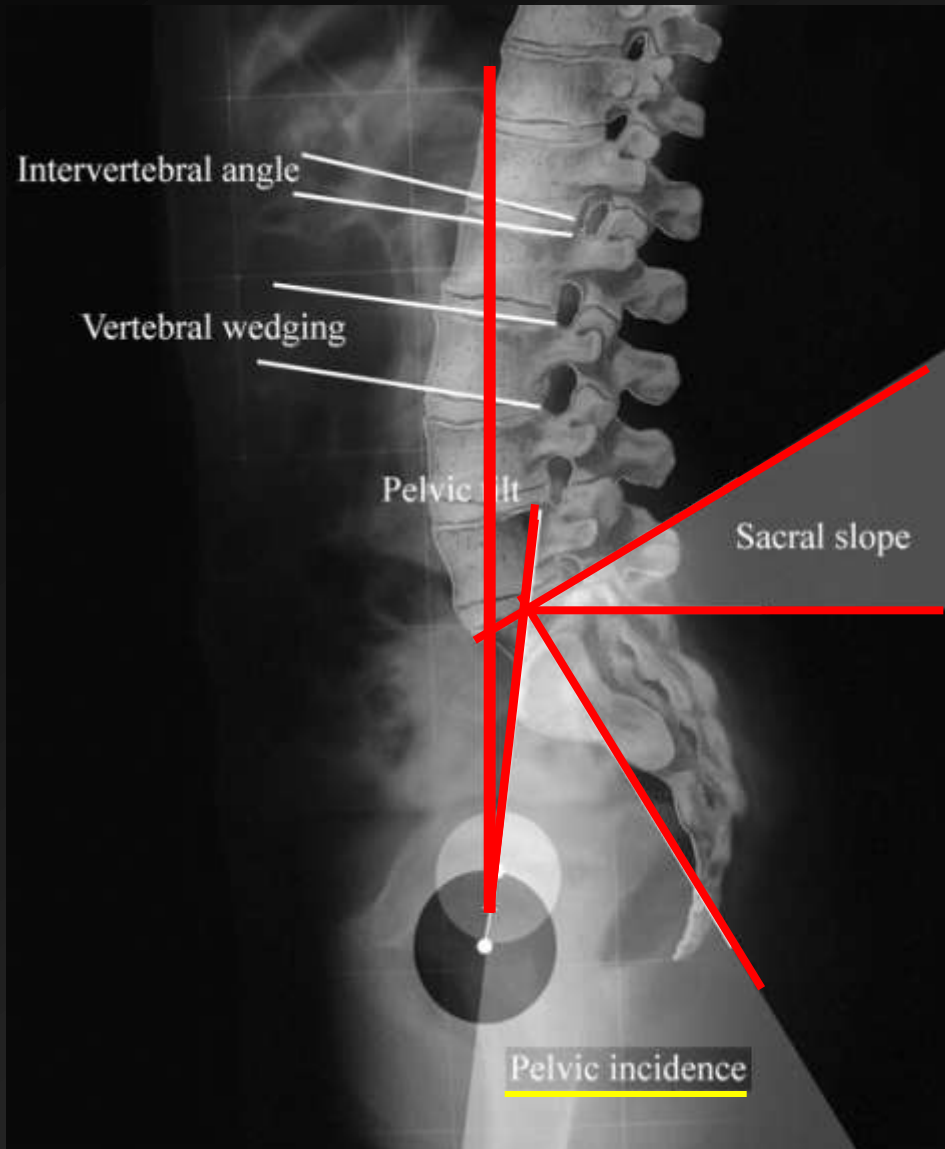


$$\text{Pelvic incidence} = \text{sacral slope} + \text{pelvic tilt}$$

*During J, et al. Spine 1985;10:83–87*

# Parameter im Projektionsröntgen

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010



Intervertebralwinkel

Wirbelkörperform

Sakrumanstieg  $41^\circ \pm 8.4^\circ$

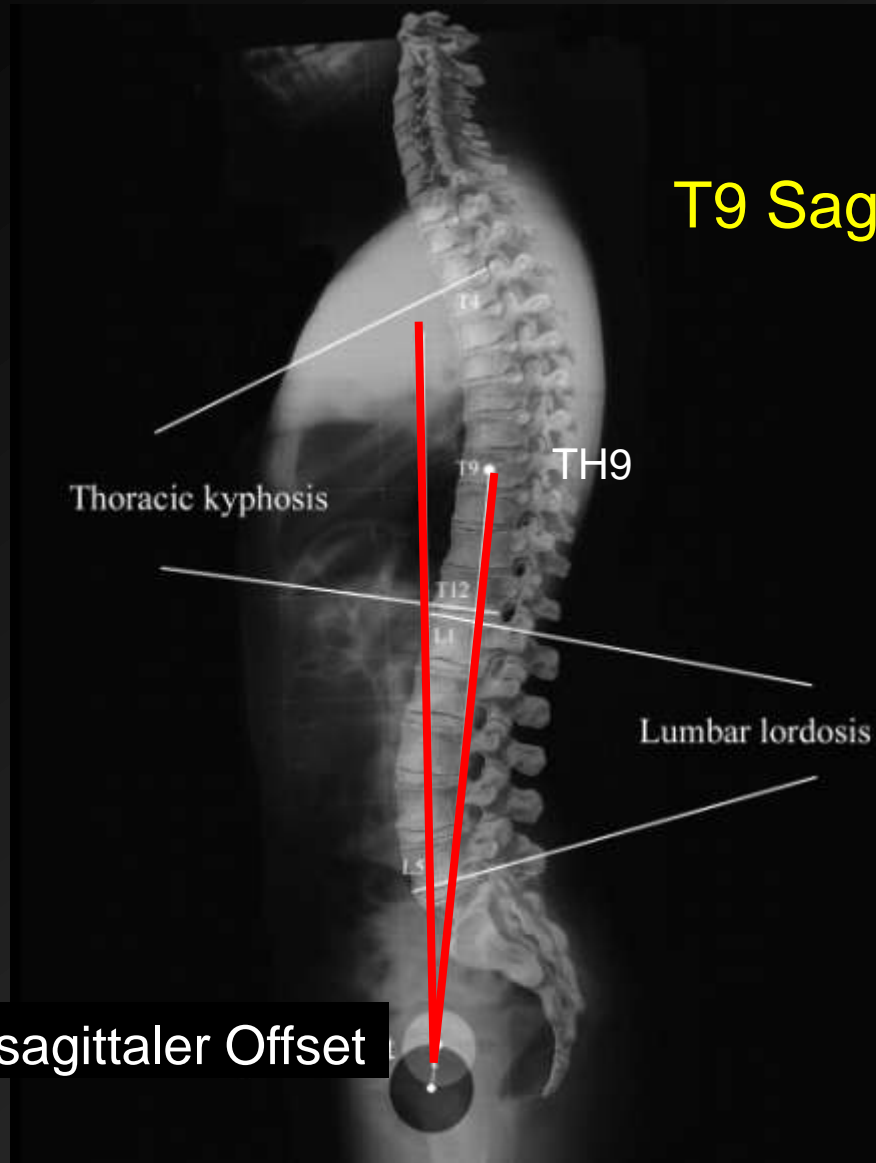
**Pelvic incidence  $55^\circ \pm 10.6^\circ$**

*Legave. et.al.*

Pelvic tilt  $13^\circ \pm 6^\circ$

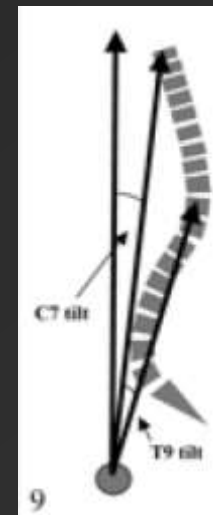
# Parameter im Projektionsröntgen

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010



T9 Sagittalabweichung:  $-10.3^\circ \pm 3.1^\circ$

= Maß für „sagittale Balance“:  
Position des Schwerpunktes des  
Körperteiles über den Femurköpfen



Chopin +  
Charosky  
2008

# Parameter geschlechtsabhängig

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

|                         | <b>m</b>       | <b>f</b>         | p-Wert          |
|-------------------------|----------------|------------------|-----------------|
| BWS (T4-T12) Kyphose    | 39 ± 10        | 41.7 ± 10        | NS              |
| Max. BWS-Kyphose        | 40 ± 10        | 42.4 ± 9.8       | NS              |
| LWS (L1-L5) Lordose     | -46.2 ± 11     | -41.4 ± 11       | <0.001          |
| Max. LWS-Lordose        | -62 ± 10       | -59.2 ± 10.12    | <0.001          |
| T9 sagittal offset      | -10.5 ± 3      | -10.2 ± 3.1      | NS              |
| T1 sagittal offset      | -2 ± 2.7       | -1 ± 2.7         | <0.05           |
| Sacral slope            | 43.2 ± 8.4     | 41 ± 8.5         | <0.01           |
| <b>Pelvic incidence</b> | <b>56 ± 10</b> | <b>53 ± 10.6</b> | <b>&lt;0.05</b> |
| Pelvic tilt             | 13.6 ± 6       | 13 ± 6           | NS              |

Werte: MW+-Stabw.

# Parameterkorrelationen

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

Starke Korrelation zwischen:

BWS (T4-T12) Kyphose

max. BWS-Kyphose

LWS (L1-L5) Lordose

max. LWS-Lordose\*

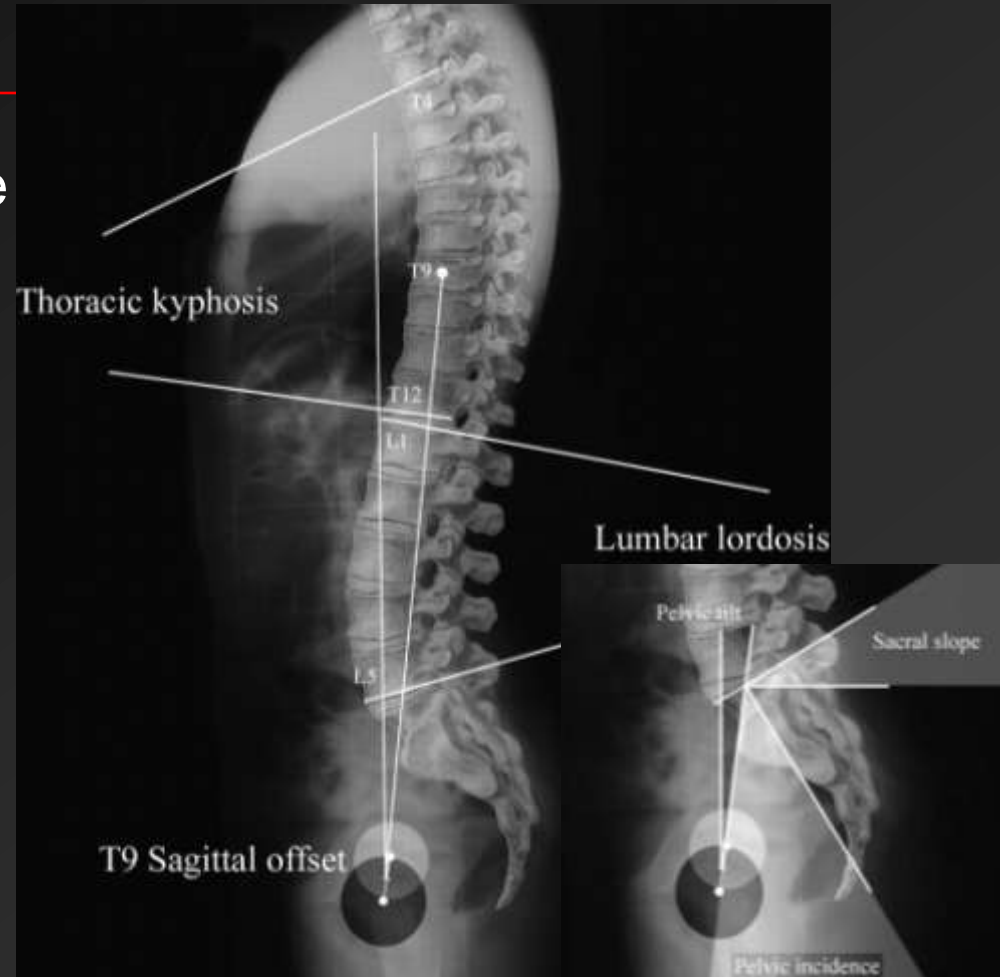
T9 sagittal offset

T1 sagittal offset

sacral slope\*

pelvic incidence\*

pelvic tilt



\*beeinflussen günstige sagittale Balance besonders

# Parameterkorrelationen

Starke Korrelation zwischen:

BWS (T4-T12) Kyphose

max. BWS-Kyphose

LWS (L1-L5) Lordose

max. LWS-Lordose\*

T9 sagittal offset

T1 sagittal offset

sacral slope\*

pelvic incidence\*

pelvic tilt

sacral slope =

= (pelvic incidence x 0.5481) + 12.7° 6.39

Allgemeingültigkeit???

*Legaye Acta Orthop Belgica 05; 71:213-20*

\*beeinflussen günstige sagittale Balance besonders

# Parameterkorrelationen

Starke Korrelation zwischen:

BWS (T4-T12) Kyphose

max. BWS-Kyphose

LWS (L1-L5) Lordose

max. LWS-Lordose\*

T9 sagittal offset

T1 sagittal offset

sacral slope\*

pelvic incidence\*

pelvic tilt

Allgemeingültigkeit???

$$\begin{aligned} \text{LWS-Lordose} &= \\ &= (\text{sacral slope} \times 1.087) + 21.61^\circ \quad 4.16 \end{aligned}$$

*Legaye Acta Orthop Belgica 05; 71:213-20*

\*beeinflussen günstige sagittale Balance besonders

# Reziproke Winkelmessungen T9 bis S1

Sagittales Profil

Wien, 30.01.2010

|            | S1                        | L5                          | L4                          | L3                            | L2                         | L1                       | TH12                       | TH11                     | TH10                     | TH9        |
|------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|
| <b>S1</b>  | <b>0</b><br>(0 to 0)      |                             |                             |                               |                            |                          |                            |                          |                          |            |
| <b>L5</b>  | -23.3<br>(-24 to -22.5)   | <b>-8</b><br>(-8.5 to -7.5) |                             |                               |                            |                          |                            |                          |                          |            |
| <b>L4</b>  | -40<br>(-40.7 to -39)     | -24.6<br>(-25 to -24)       | <b>-2.6</b><br>(-3 to -2.2) |                               |                            |                          |                            |                          |                          |            |
| <b>L3</b>  | -50.2<br>(-51.2 to -49.3) | -34.9<br>(-35.8 to -34)     | -13<br>(-13.6 to -12.4)     | <b>-0.6</b><br>(-0.9 to -0.3) |                            |                          |                            |                          |                          |            |
| <b>L2</b>  | -57<br>(-58 to -55.7)     | -41.5<br>(-42.6 to -40)     | -19.50<br>(-20.5 to -19)    | -7.2<br>(-7.7 to -6.6)        | <b>1.2</b><br>(0.8 to 1.5) |                          |                            |                          |                          |            |
| <b>L1</b>  | -58.5<br>(-60 to -57)     | -43<br>(-44.4 to -42)       | -21<br>(-22.3 to -20.2)     | -8.8<br>(-9.7 to -8)          | -0.45<br>(-1 to 0)         | <b>3.8</b><br>(3.5 to 4) |                            |                          |                          |            |
| <b>T12</b> | -57.2<br>(-58.5 to -56)   | -42<br>(-43 to -40)         | -20<br>(-21 to -19)         | -7.5<br>(-8.5 to -6.6)        | 0.8<br>(0 to 1.6)          | 5.1<br>(4.5 to 5.6)      | <b>4.5</b><br>(4.1 to 4.8) |                          |                          |            |
| <b>T11</b> | -54<br>(-55.5 to -53)     | -38.8<br>(-40 to -37)       | -17<br>(-18 to -16)         | -4.5<br>(-5.6 to -3.5)        | 4<br>(3 to 5)              | 8.2<br>(7.4 to 9)        | 7.6<br>(7 to 8)            | <b>4.8</b><br>(4.5 to 5) |                          |            |
| <b>T10</b> | -52<br>(-52 to -54)       | -36.5<br>(-38 to -35)       | -14.5<br>(-16 to -13)       | -2.2<br>(-31 to -1)           | 6.20<br>(5 to 7)           | 10.50<br>(10 to 11)      | 10<br>(9 to 10.5)          | 7<br>(6.5 to 7.5)        | <b>3</b><br>(2.6 to 3.2) |            |
| <b>T9</b>  | -49                       | -33.7                       | -11.8                       | 0.6                           | 9                          | 13.3                     | 12.7                       | 10                       | 5.7                      | <b>3.5</b> |

- **segmentale Winkel**
  - MW, (5% Prädiktionslimits)
- WK-Form+ Intervertebralwinkel  
Erhebung lokaler Deformitäten, Indikation für Korrektur posttraumatischer Kyphose



# Das sagittale WS- Profil

- I Bedeutung  
Messung + Normwerte
- II Pathologisches Profil

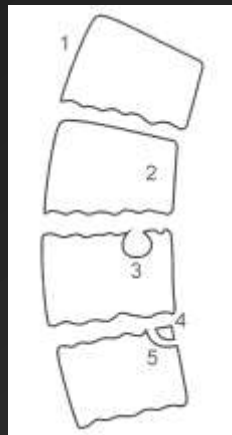


Giraffenskelett  
NHM

# Profil bei M. Scheuermann

*Sagittales Profil*  
*Wien, 30.01.2010*

- mittlere, untere BWS
- unregelmäßige WK-Begrenzungen
- fehlende Verschmelzung der Randleistenapophysen
- Schmorlsche Knorpelknötchen / Bandscheibenverschmälerung
- Keilwirbel (klassisch ant.  $>5^\circ$ ,  $\geq 3$ WK)



# Profil bei M. Scheuermann

Sagittales Profil

Wien, 30.01.2010

Projektionsröntgen im Stehen bei 34 Adoleszenten ( $15.5 \pm 1.8$  a)

Korrelation zwischen:

|  |  |
|--|--|
| HWS-Lordose  | $4^\circ \pm 15^\circ$ (Cobb-Winkel)     |
|  | $9^\circ \pm 14^\circ$ (post. WK-Winkel) |
| <b>BWS-Kyphose</b>                                   | $65^\circ \pm 12^\circ$                  |
| LWS-Lordose  | $71^\circ \pm 13^\circ$                  |
| Sagittale WS- Achse                                  |  |
| sacral inclination                                   |  |
| sagittale Differenz <b>BWS-Kyphose</b> - LWS-Lordose |  |

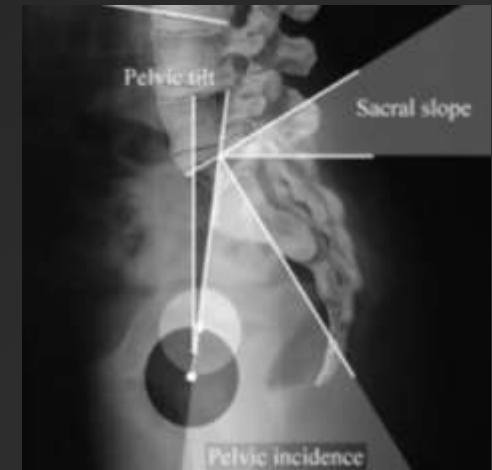


Flexible HWS und LWS verbunden durch mäßig rigide BWS  
sagittale Differenz BWS/LWS kyphotischer  $\rightarrow$  HWS-Lordose  $\uparrow$



# Profil bei LWS-Degeneration

- Diskushernie (DH, n=25)
- Diskusdegeneration (DDD, n = 32)
- Degenerative (Pseudo-)Spondylolisthese (DSPL, n = 28)
- Kontrollgruppe (n=145): *Sehr große Variabilität*



## Pelvic incidence:

Normalkollektiv: MW **52°**

Patienten < 45a + Diskopathie (DH, DDD): MW **48.3°** (p<0.05)

Patienten + Pseudospondylolisthese (DSPL): MW **60°** (p<0.05)

# Profil bei LWS-Degeneration

- Diskushernie (DH, n=25)
- Diskusdegeneration (DDD, n = 32)
- Degenerative (Pseudo-)Spondylolisthese (DSPL, n = 28)
- Kontrollgruppe (n=145)

Sacral slope: DH, DDD: MW ↓

Pelvic tilt: DH, DDD: MW ↑

Lendenlordose: Patienten ↓

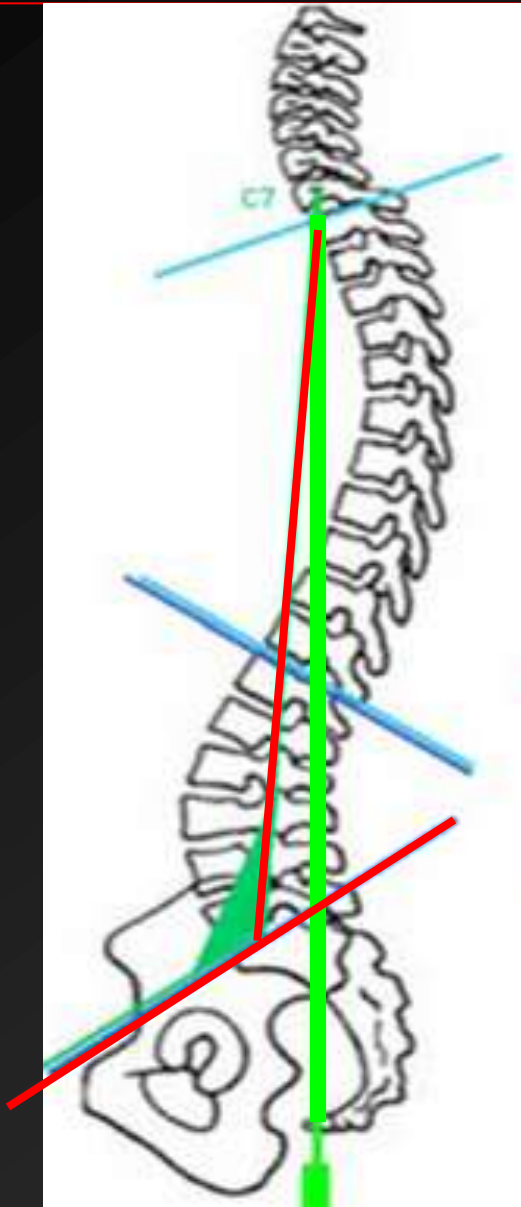
Thoraxkyphose: DH, DDD: ↓

*Aber: sehr große Variabilität*



# Balance bei WS-Degeneration

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010



Verknüpfung

Becken- + WS- Parameter

Spinosakraler Winkel

„C7-Lot“

# Balance bei WS-Degeneration

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

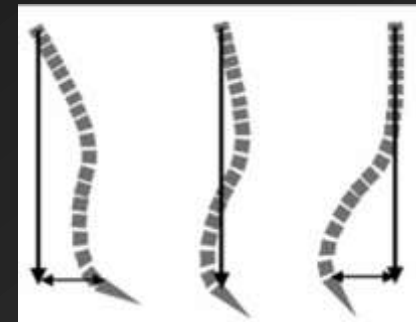


Bild:  
Harding 2009

Sagittale vertikale Achse

„SC7D“ (= sagittale vertikale Achse, SVA  
= Distanz Sakrumhinterkante-C7-Lot)  
normal 0.5 2.5 cm

Jackson Spine 1994

„SFD“ (Distanz Sakrumhinterkante-  
vertikale bicoxofemorale Achse)

Barrey C, et al. Eur Spine J 2007; 16:1459-1467

# Balance bei WS-Degeneration

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010



## „C7/SFD- Ratio“

Maß für globale sagittale Balance  
der WS über dem Becken

= 0 wenn C7-Lot über Sakrumhinterkante

= 1 wenn C7-Lot über bicoxofem. Achse

Normal -0.9 1

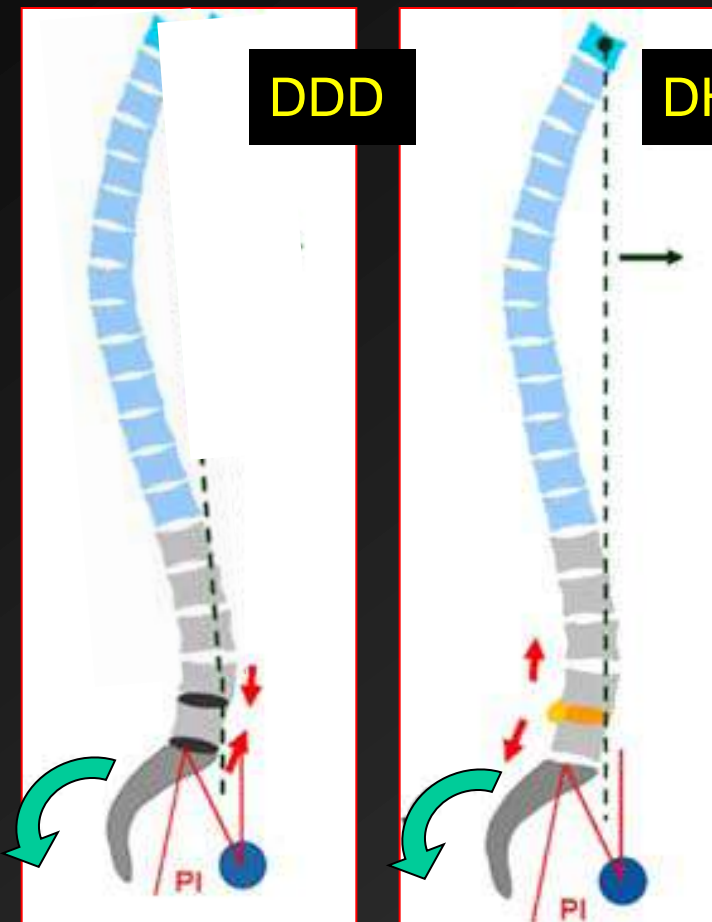
„SC7D“ (= sagittale vertikale Achse, SVA  
= Distanz Sakrumhinterkante-C7-Lot)

„SFD“ (Distanz Sakrumhinterkante-  
vertikale bicoxofemorale Achse)

# Balance bei WS-Degeneration

Große Variabilität; keine Standard- sagittale Balance

*Aber: Kongruenz zwischen Becken- + WS-Parametern wichtig*



Pelvic incidence normal oder klein  
Flachrücken (strukturell und schmerzbedingt)

Insbesondere LWS-Lordose

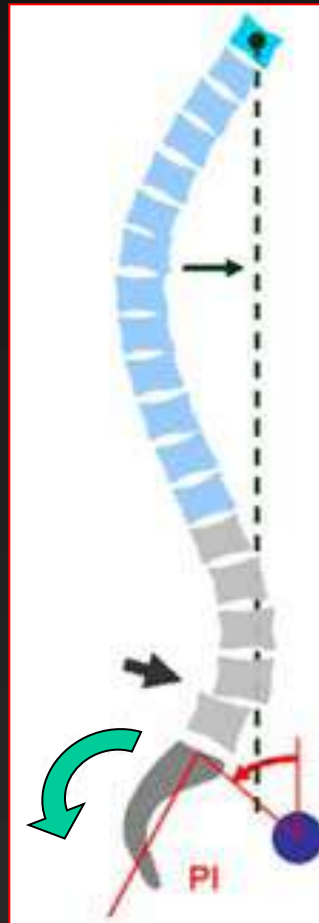
C7-Lot daher ventraler

wird partiell durch vermehrte Beckenkippung  
(pelvic tilt) ausgeglichen (sacral slope ↓)

# Balance bei WS-Degeneration

Große Variabilität; keine Standard- sagittale Balance

**Aber: Kongruenz zwischen Becken- + WS-Parametern wichtig**



## Degenerative Spondylolisthese (DSPL)

Pelvic incidence größer

(Beckenform prädisponierend)

geht einher mit Lordose ↑ und sacral slope ↑

→ Facettgelenksbelastung ↑ + vermutlich

dorsale Discusschädigung L5

Listhese + Discopathie + Schmerzhaltung →

Lordose ↓ → Ausgleich durch Pelvic tilt ↑

(leichter, da pelvic incidence größer)



# Balance bei WS-Degeneration

Große Variabilität; keine Standard- sagittale Balance

*Aber: Kongruenz zwischen Becken- + WS-Parametern wichtig*

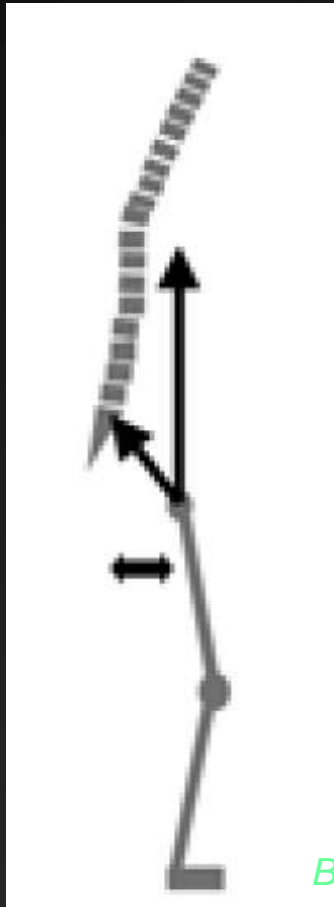


Bild: Harding 2009

## Degenerative Spondylolisthese (DSPL)

Pelvic incidence größer

(Beckenform prädisponierend)

geht einher mit Lordose  $\uparrow$  und sacral slope  $\uparrow$

→ Facettgelenksbelastung  $\uparrow$  + vermutlich

dorsale Discusschädigung L5

Listhese + Discopathie + Schmerzhaltung →

Lordose  $\downarrow$  → Ausgleich durch Pelvic tilt  $\uparrow$

(leichter, da pelvic incidence größer)

# Lordosetypen

Typ I: Sacral Slope  $<35^\circ$ , Lordoseapex Mitte L5.

Lordose und Neutralwirbel niedrig  $\rightarrow$  Druck auf posteriore Elemente untere LWS  $\uparrow$ ,  $\rightarrow$  Baastrup, Listhesen; über Neutralwirbel Discopathie

Typ II: Sacral Slope  $<35^\circ$ , Lordoseapex Mitte L4.

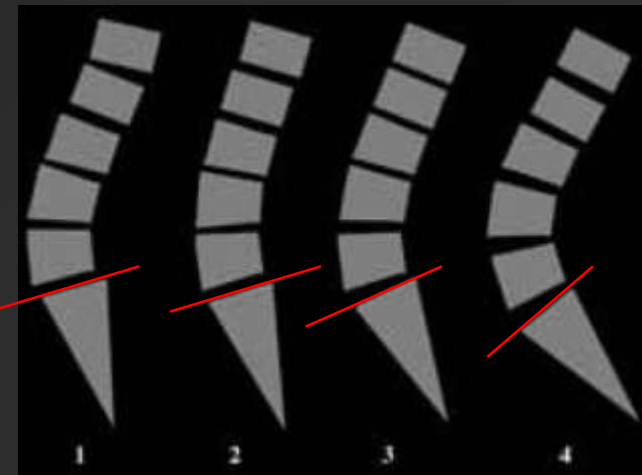
Lordose flach, Neutralwirbel höher (WS flach)  $\rightarrow$  Druck auf Disci untere LWS  $\uparrow$ ,  $\rightarrow$  ev. frühe Discushernien; Discopathie

Typ III: Sacral Slope  $35^\circ$ - $45^\circ$ , Lordoseapex Mitte L4.

Lordose nimmt nach caudal zu. Neutralwirbel TLÜ  
 $\rightarrow$  gesunde balancierte WS

Typ IV: Sacral Slope  $>45^\circ$ , Lordoseapex Mitte L3

oder höher. Lordoseausmaß caudal stärker. Pelvic incidence hoch, kompensatorisch pelvic tilt höher, Hyperextension obere LWS  
 $\rightarrow$  degenerative Spondylolisthese, Spondylarthrosen, Spinalkanalstenose



# Bending und Degeneration

## Impact auf Klinik?

### LWS-Instabilität (Segment L4-L5) :

1,090 Patienten, 280 altersgematched, Beobachtungszeitraum 4.6 Jahre  
Rückenschmerz und/oder Beinschmerz

≥ 3-mm **sagittale Translation**: schmerzbedingte Limitation Tagesaktivitäten ↑

≥ 10° Angulierung kein Unterschied

≥ 3-mm **Translation** + ≥ 10° **Angulierung** schlechtesten Symptomscore

- → größerer Impact Translation
- Vorliegen beider radiologischer Faktoren ev. Indikator für Symptompersistenz

# Profil bei HWS-Degeneration

HWS



ap



seitlich

# Bending und Degeneration

Flexion/  
Inklination



IV

≤ Grad IV:  
segmentale  
Beweglichkeit↑

V

> Grad V:  
segmentale  
Beweglichkeit↓

*Fujiwara et al. Spine  
2000; 23:3036-3044*

HWS-Degeneration:

1% (2/200 Patienten): **Listhese erst in Bendingaufnahmen sichtbar,**  
(**Impact** auf klinisches Management wird diskutiert)

*White et al. Spine 2007; 32: 975-979*

# Profil im Alter

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

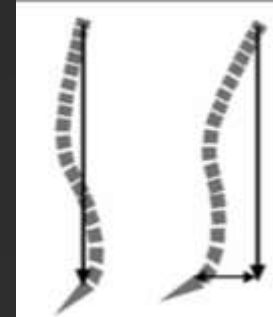


## Kyphose

- ↑ mit Alter

*“life is a kyphosing event”*

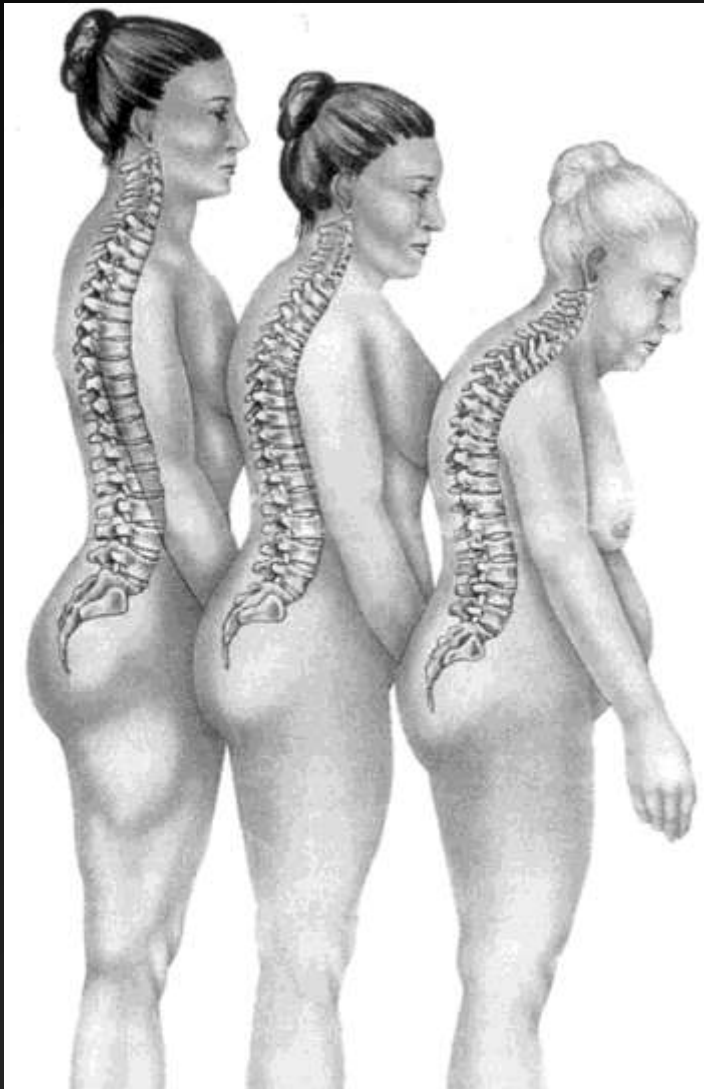
SVA↑



Harding 2009

# Profil bei Osteoporose

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010



Frakturen häufig  
(16% der postmenopausalen Frauen)  
→ Rückenschmerz, Behinderung,  
Größenreduktion

## Kyphose

- ↑ mit Alter

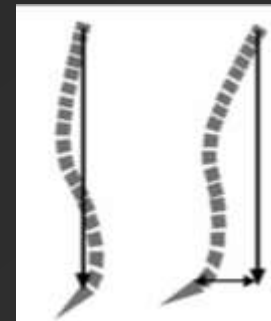
SVA↑

*“life is a kyphosing event”*

- größer bei Osteoporose  
( $63^\circ \pm 13^\circ$  vs.  $52^\circ \pm 11^\circ$ ) \*
- assoziiert mit Mobilität ↓

\*Messung mit Kurviskop

Cortet, et al. *Spine* 1999;24:1921–1925



Harding 2009

# Profil bei Bechterew



# Profil bei Skoliose

Typeneinteilung 1-6 (main thoracic, 2x thoracic, 2x major, 3x major, thor.-lumb./lumbar, thor.-lumb./lumbar main thoracic)

Bending: strukturelle Skoliose (jew. max. residueller Cobb 25°)  
prox.thoracic, main thoracic oder thoracolumbar/lumbar

sagittal: T2–T5 oder thoracolumbal T10–L2 Kyphose 20°

Lumbar spine modifier: Verhältnis vertikale Linie Mitte Sakrum/ oberster LWK: A (Linie zwischen Pedikeln), B (Linie zwischen medialem Aspekt des konkaven Pedikels + konkaver Begrenzung oberster LWK), C (Linie komplett medial von konkaver Begrenzung oberster LWK).

Sagittal thoracic modifier: Cobb- Winkel T5 -T12:

Hypokyphose: < 10°

Normale Kyphose: 10–40°

Hyperkyphose: > 40°

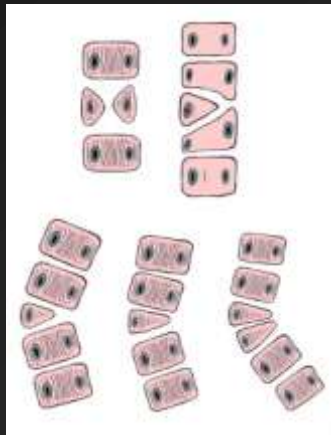
*Lenke et al. J Bone Joint Surg 2001; 83-A:1169-81*

Winkel der regionalen Lordose niedriger bei Mädchen mit Skoliose

*Rigo, oral present. Athen 2009*

# Profil bei Formationsstörungen

- Schmetterlingswirbel
- Halbwirbel: inkarzerierte relativ gerade WS  
nur geringes Wachstumspotential  
freie : knickförmige Skoliose, Progredienz ++  
Segmentierte (2 Physen zu angrenzenden WK, Progredienz ++  
multiple unilaterale, Progredienz ++
- Keilwirbel: Anlagestörungen  
geringer als bei Halbwirbeln



McMaster und David 1986 , Cobb 1948

Bild: medscape.com

# Profil bei Segmentationsstörungen

- **Blockwirbel:**  
zweiseitige Segmentationsstörung  
→ Wirbelsäulenverkürzung,  
keine Krümmungsprogredienz
- **einseitige Segmentationsstörung „Bar“**  
→ konkavseitige Veränderung  
erhebliches Progredienzrisiko  
(ventral → Kyphose)

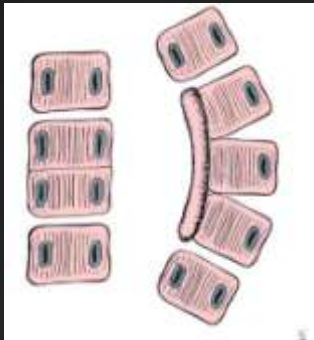
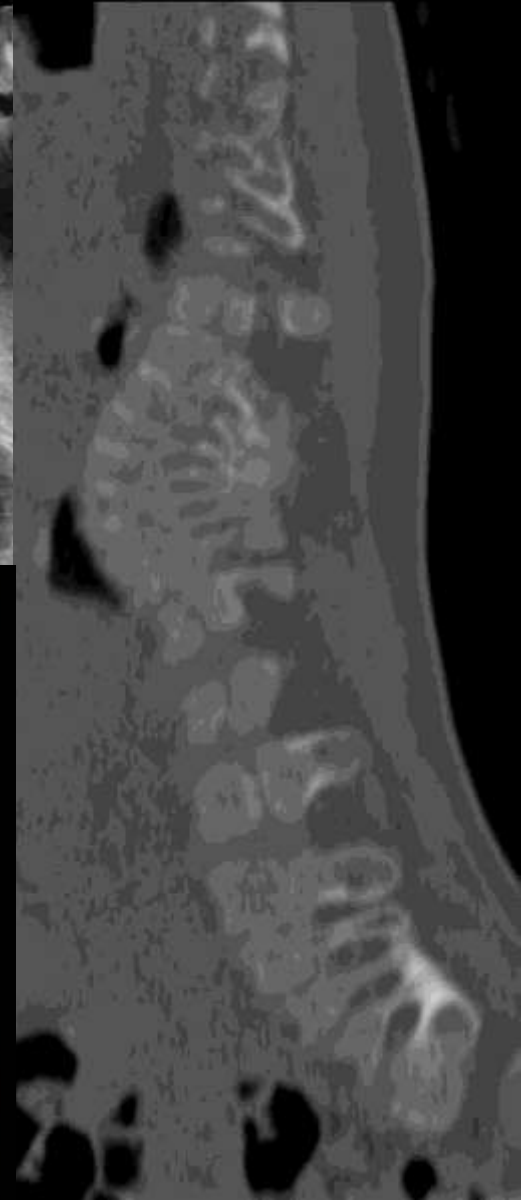


Bild: medscape.com

# Profil bei Spondylolyse

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

## Ma-Thiong- Klassifikation 5 Typen

- Listheseausmaß
- Pelvic Incidence
- Pelvic Balance
- Spinopelvine Balance





Wal und Maus, NHM

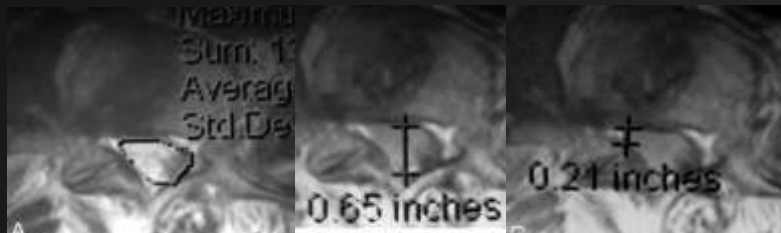
# Zusatzinformationen MRT

Stressfraktur → Spondylolyse Früherkennung

*Stäbler. Röfo 2000; 172: 33- 37.*



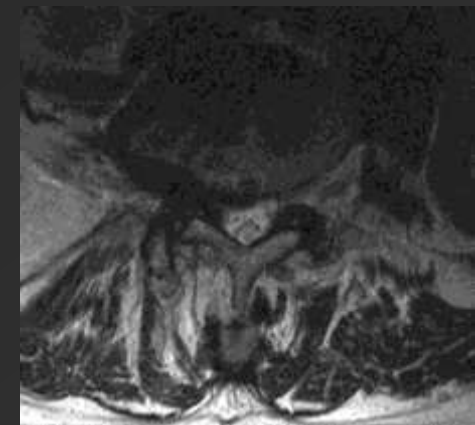
Degenerative Spinalkanalstenose



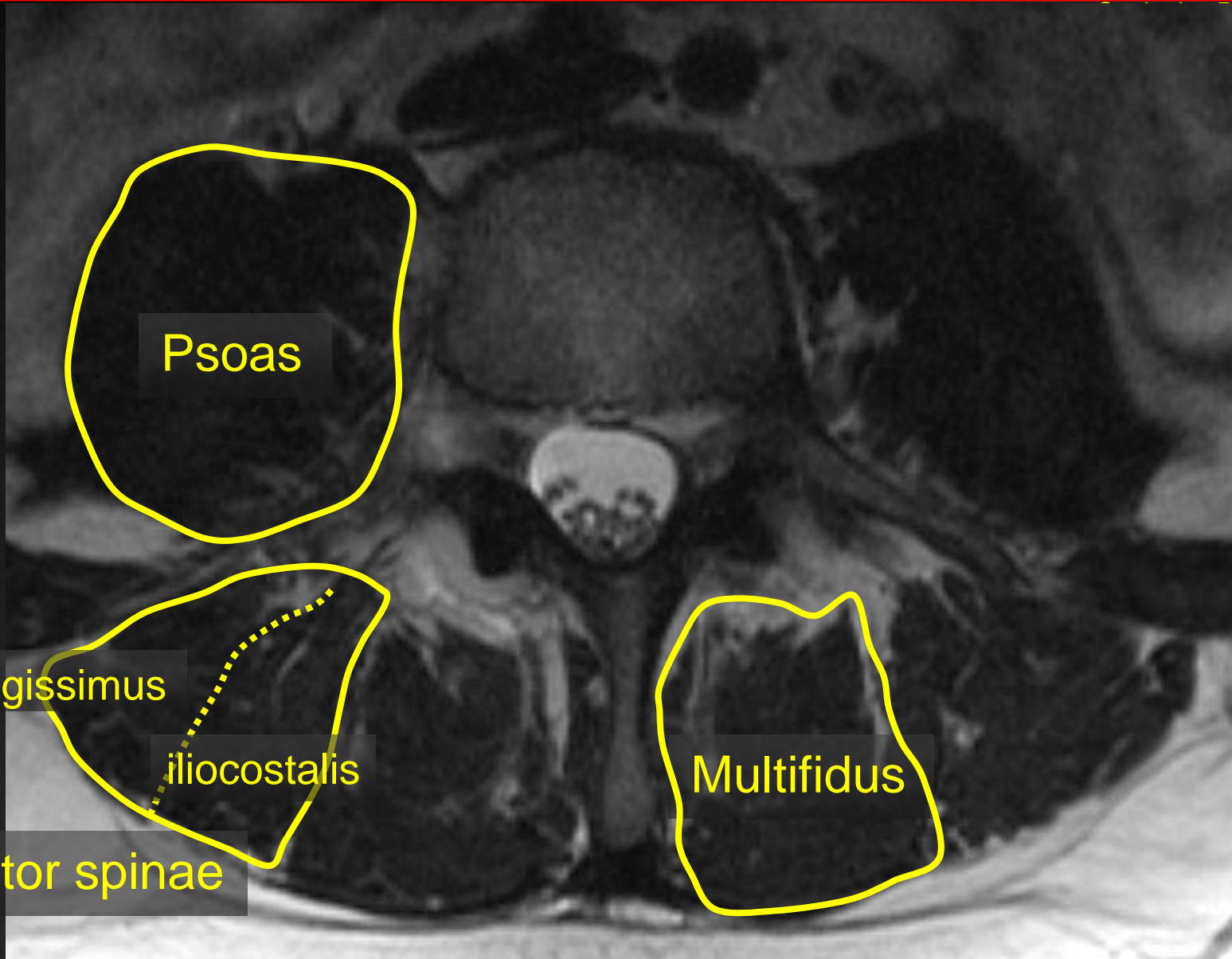
*Ploumis et al. Spine 2006; 31:2353-22358.*

Schmerz → Schonhaltung,  
Immobilisierung →  
→ Muskelatrophie → Instabilität↑

*“use it or loose it”*



# Zusatzinformationen MRT



Psoas

longissimus

iliocostalis

Erector spinae

Multifidus

# Zusatzinformationen MRT

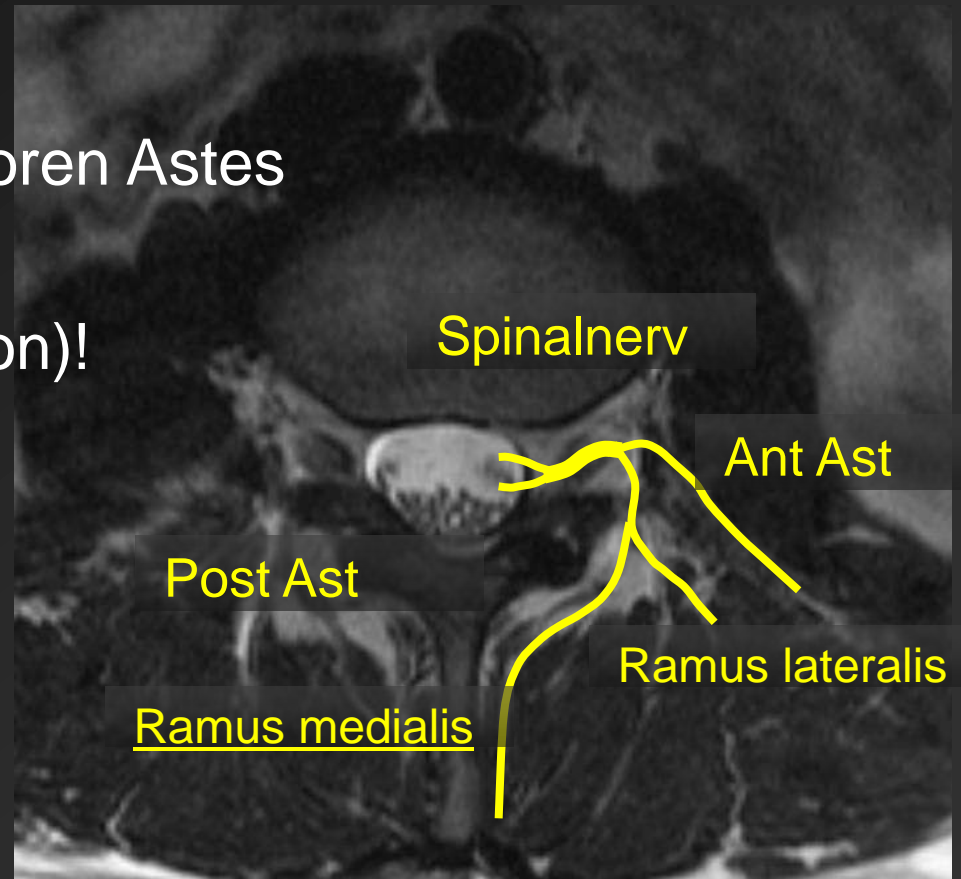
## Innervation der Rückenmuskulatur:

Ramus Medialis des posterioren Astes

= vulnerabel

(Risiko einer Denervation)!

= einzige Innervation  
des M. Multifidus



# Zusatzinformationen MRT

Sagittales Profil

Wien, 30.01.2010

## Degenerative Instabilität:

- Discushöhe ↓
- Facettgelenksarthrose mit Subluxation
- Riss M. Interspinalis und Ligament

→ sagittale Hypermobilität

→ Stress ↑

- Ligamente
- Muskeln
- Nerven → Denervation



# Zusatzinformationen MRT

*Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010*

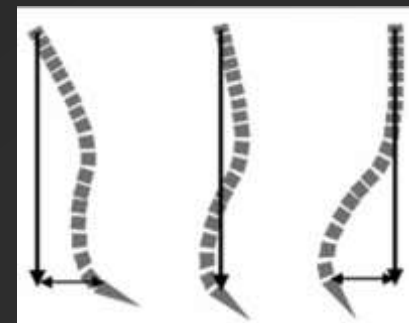
Degenerative Instabilität:



# Das sagittale WS- Profil

*Sagittales Profil*  
Wien, 30.01.2010

- Methodik Projektionsröntgen
- Parameter und ihre Relation zueinander
- Normwerte

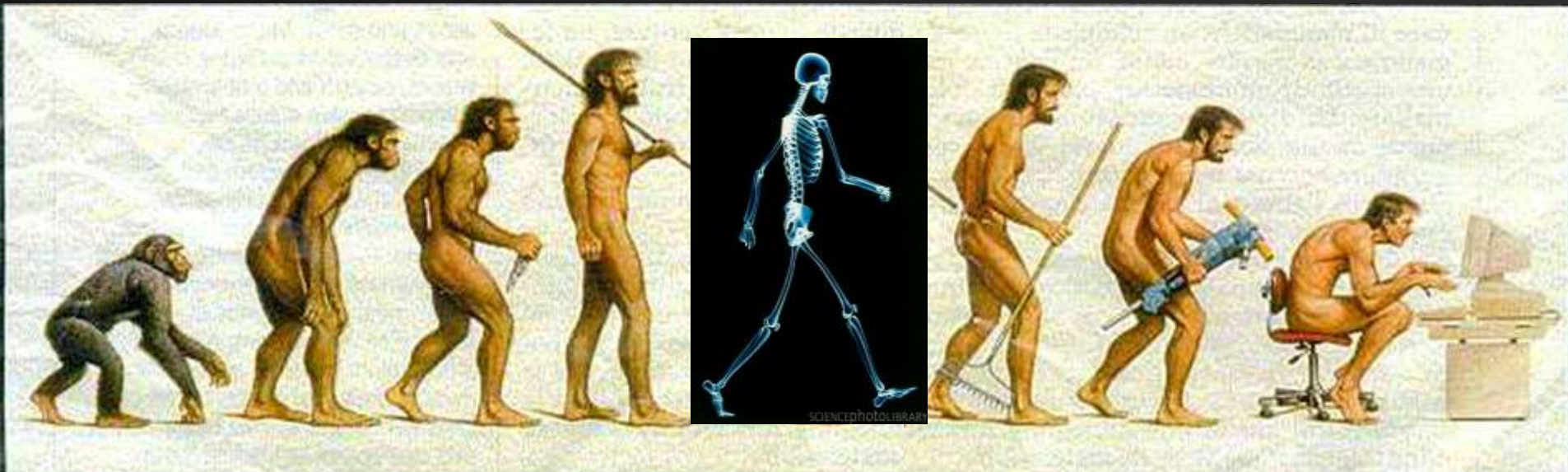
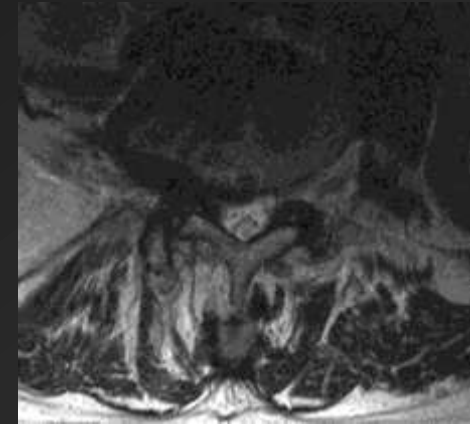
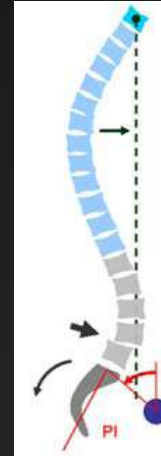


⇒ “Take home message”

# Das sagittale WS- Profil

Sagittales Profil  
Wien, 30.01.2010

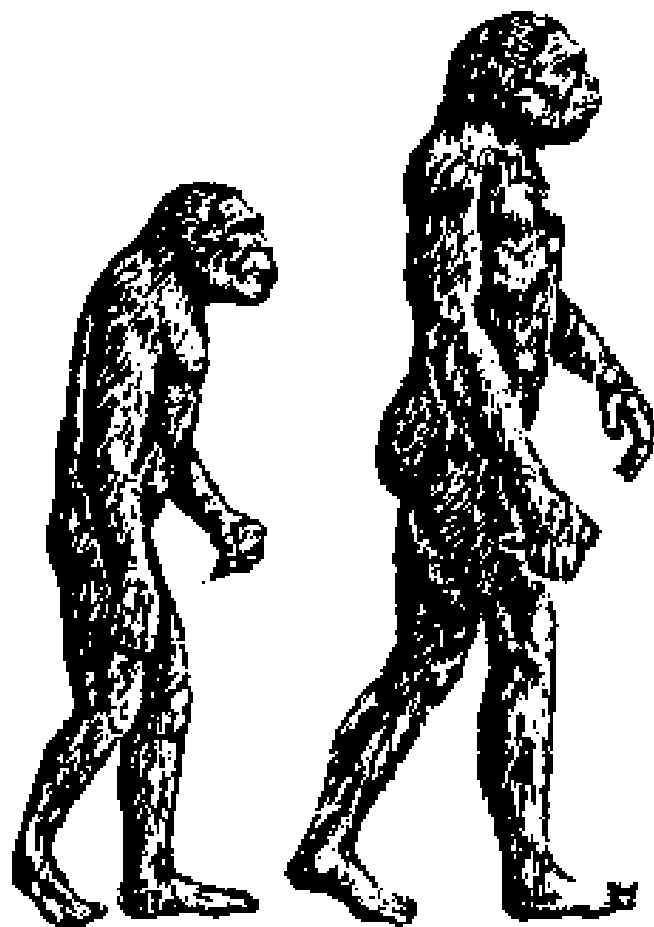
- Pathologische Profile
- MRT



*Vielen Dank !*



# NOBEL SCIENTISTS DISCOVER THE MISSING LINK--

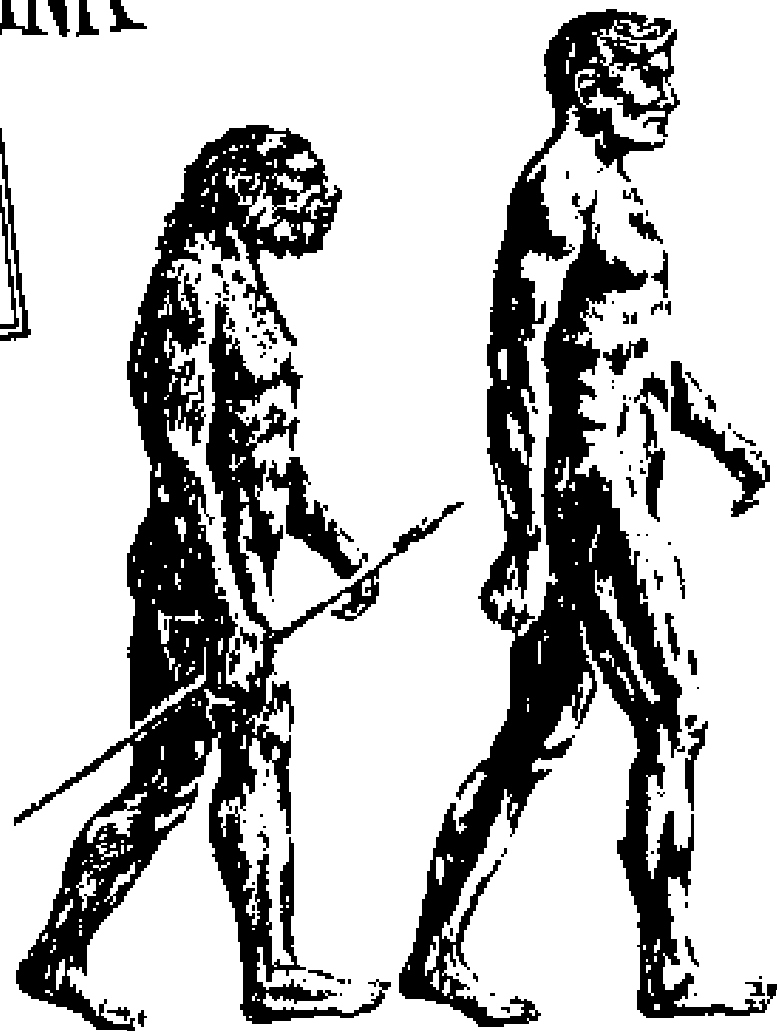


ALSTRAPIITHECUS  
AFRICANUS

HOMO  
ERECTUS



CREATIONIST



NEANDERTHAL

MODERN MAN