

**Ist Schmerzdiagnostik möglich mit MRI?  
Praktische Indikation  
und Interpretation der modernen  
Schichtbildverfahren in der  
manualmedizinischen Praxis**

Ulrich W. Böhni, Schaffhausen



1

**Low back pain LBB  
-  
Ist Nociception abbildbar?**



2



3

**Wozu Funktionsdiagnostik?**

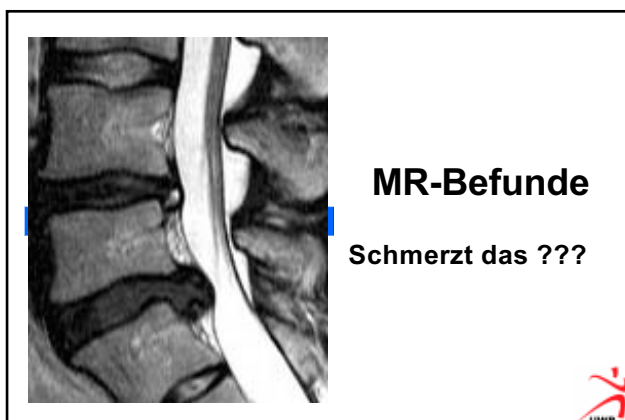
Weil jede **technische Untersuchung** zwar BFEUNDE zeigt

*aber*

NICHTS über die **Kausalität Schmerz – Befunde** aussagt !!



4



5

**Bildgebende Abklärung ??**

- Nur wenn gezielte Fragestellung!
  - → positiver prädiktiver Wert ordentlich
- **Kausalitätsanspruch:**
  - «Rückenschmerz» -> MRI = keine Fragestellung !
  - Relevanz einer Diskushernie ???
  - Relevanz einer Segmentdegeneration ???
- → Cave *falsche Therapieindikation* !



6

### MRI LWS

- Hohe „technische“ Spezifität und Sensitivität  
→ „Wir sehen alles . . . „  
→ Ist es von Bedeutung ??
- Keine Abbildung der Nozizeption !!!
- Die Spezifität und Sensitivität eines Tests ist für die Klinik alleine nicht relevant !
- Bedingte bzw. abhängige Wahrscheinlichkeiten

7

### Bayes-Theorem: der Satz von Bayes

- Rechnen mit bedingten Wahrscheinlichkeiten:
- *Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses A unter der Bedingung, dass Ereignis B bereits eingetreten ist (vgl. Symptome)*

8

### Bayes-Theorem: der Satz von Bayes

- Rechnen mit bedingten Wahrscheinlichkeiten:
- *Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses A unter der Bedingung, dass Ereignis B bereits eingetreten ist (vgl. Symptome)*
- Patient ohne Symptome:
  - Wahrscheinlichkeit an einer bestimmten Krankheit zu leiden: „a priori“ Wahrscheinlichkeit dieser Krankheit (vgl. Prävalenz) :  $p(D)$
  - Ebenso gibt es eine a priori Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Symptoms:  $p(S)$

9

### Positiver prädiktiver Wert pretest probability

$$PPV = \frac{\text{Pretest probability} \times \text{Sens} \times 100}{\text{Pretest probability} \times \text{Sens} + (100 - \text{Pretest probability}) \times (100 - \text{Spec})}$$

Je höher die Prätest-Wahrscheinlichkeit für eine Krankheit, desto höher der PPV eines positiven Resultates.

Die Aussagekraft einer Zusatzuntersuchung hängt in erster Linie von der Qualität meiner Fragestellung ab

10

### Herausforderungen

- Nocizeption / Nocigeneratoren  
versus
- Enteroception „Schmerzempfindung“
- Kausalität Schmerz <-> Strukturpathologie
- „alle tiefsomatischen Gewebe“ können als Nocigeneratoren fungieren
- Schmerzchronifizierung
- „Discogenic pain ?? „

11


### M, 28y

- Wenig Lumbalgie seit 4 Wochen:
  - Nur einseitig beim Überstrecken
- 1 Serie Physiotherapie: „bringt nichts“
- Schmerz ventrolateraler OS links
- Nur auf Befragen:
  - Schlechte Beinkontrolle wenn schnell Treppe abwärts (wie einknicken beim auftreten links)
- o:

12

**M, 28y**

- o:
- Aufrecht → leichter „shift“ nach rechts (Lot C7)
- Quadranten-Test: links ++
- IZ / Dysfunktion L4/5 re:
  - Konvergenz; DF L4 p.a. und Li-Rot / Re-Rot schmerzhaft
- Was noch untersuchen ???



13







14

**Sensorik (und Motorik)**

**Sensorik exakt!!**


„Wattebausch“ „light touch“	„Pin Prick“ spitz/stumpf	ev. Stimmgabel Kälte-Empf.
--------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

15

**M, 28y**

- o:
- Aufrecht → leichter „shift“ nach rechts (Lot C7)
- Quadranten-Test: links ++
- IZ / Dysfunktion L4/5 re:
  - Konvergenz; DF L4 p.a. und Li-Rot / Re-Rot schmerzhaft
- **Neurologie:**
  - L4: Berührung vermindert, Spitz-Stumpf verm.
  - Psoas und Quadriceps M4 !!
  - Wie testen ??
- MRI → welche Fragestellung ???



16

**L4 und L3: Quadriceps**

gegen Widerstand exzentrisch absenken

Abb. 8.19 801. Krafttest M. iliopsoas (mit M. quadriceps femoris). Für leichte motorischen Defiziten kann man das gestreckte Bein aus ca. 40-60° Hüftflexion gegen Widerstand exzentrisch aktivierend absenken lassen. Beachte: inkl. Quadrizeps-femoris-Aktivität (gute Testanfrage mit Frage nach motorischen L3- oder L4-Läsionen!)



17



18



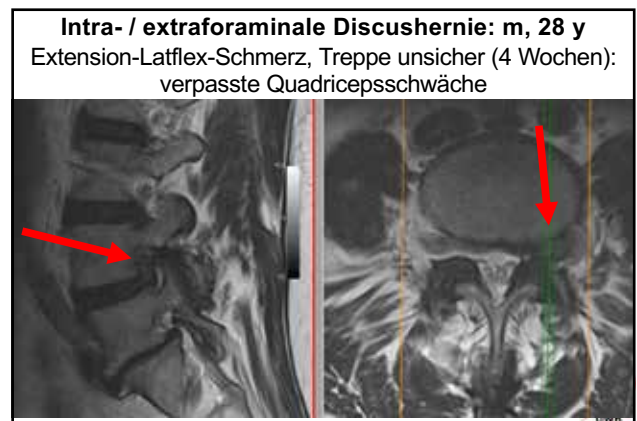
19



20



21

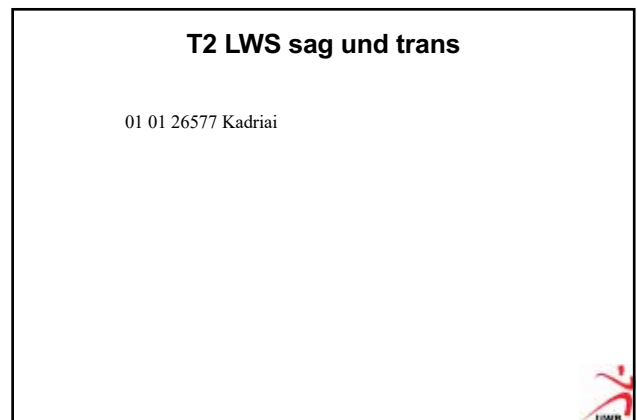


22

**T1 <-> T2**

Gewebe	T1	T2
Flüssigkeit	dunkel	hell
Knochen	dunkel (kortikal)	dunkel
Fett	hell	hell
Luft	dunkel	dunkel
Muskel	mittel (+)	mittel (-)
Blut	leicht -	signalreich
Sehnen und Bänder	dunkel	dunkel
Kontrastmittel	hell	-
Ödem	-	hell

23



24

**LWS Röntgen I**

1. Corpus
2. Deck-/Bodenplatte
3. Pediculus arcus vertebrae
4. Proc. articularis superior
5. Proc. Articularis inferior
6. Lamina
7. Proc spinosus
8. Proc. transversus
9. Discus intervertebralis
10. Foramen intervertebrale
11. Os sacrum
12. Sacroiliacalgelenk

25

**LWS Röntgen II**

1. Corpus
2. Deck-/Bodenplatte
3. Pediculus arcus vertebrae
4. Proc. articularis superior
5. Proc. Articularis inferior
6. Lamina
7. Proc spinosus
8. Proc. transversus
9. Discus intervertebralis
10. Foramen intervertebrale
11. Os sacrum
12. Sacroiliacalgelenk

26

**Anatomie der lumbalen Wurzeln: T2 frontal**

27

**Anatomie der lumbalen Wurzeln: T2 frontal**

28

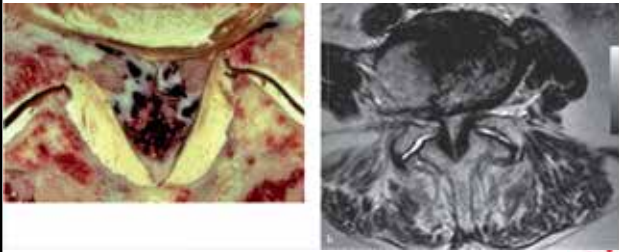
**LWS**

29

**Recessus (lateralis)**

30

**Anatomie: Kapsel, Lig flavum:  
ev. degenerative Hypertrophie**



Recessus (lateralis)

31

**Anatomie: Kapsel, Lig flavum:  
ev. degenerative Hypertrophie**

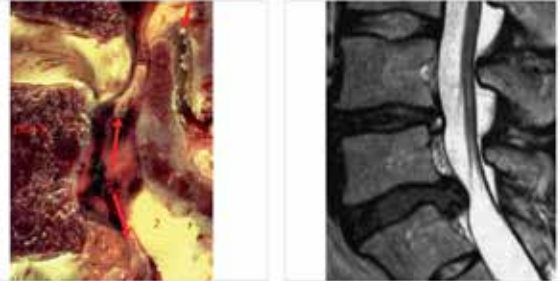


Abb. 5.128 Gefäßstrahlungsquerschnitt, sagittale paramediane Schnitt durch den neg. Recessus lateralis (5, 50R): 1. Diskus, 2. Lig. flavum, 3. Facette mit Kapsel und Lig. flavum, 4 mit Pfeilen abgehender

Abb. 5.129 Füllbild einer medianen sagittalen Ebene Diskus 21-jährige sportlich-tolerante Patientin mit rezidivierender lumbosakraler Schmerzen ohne Ausstrahlung. Therapieversucht in

32

- 04 25069 Walter 190514 MRI LWS Foraminalstenose
- 05 12920 Djuric MRI LWS 191022 Spondylolyse mit Sekundärdegeneration Foraminalstenose stir modic.
- 06 41645 Schneider M MRI LWS 150804 Spondylolyse Listhesis Sekundärdegeneration Foraminalstenose

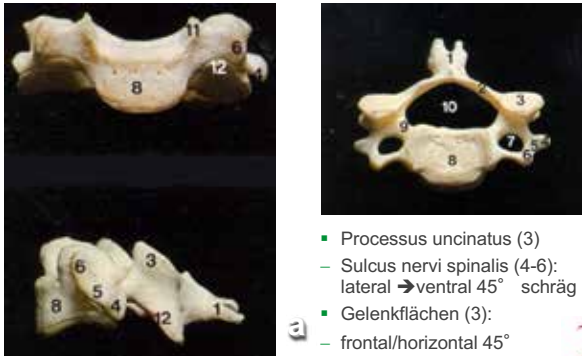
33

**Anatomie Zervikal-  
wurzeln**



34

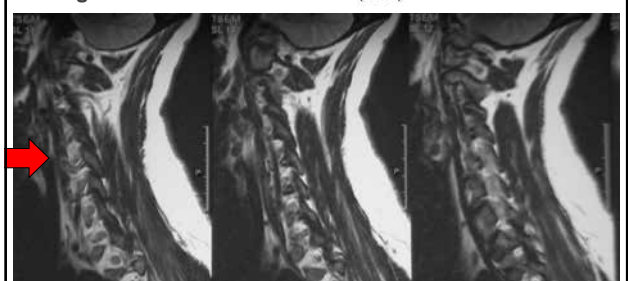
**5. HWK**



- Processus uncinatus (3)
- Sulcus nervi spinalis (4-6): lateral → ventral 45° schräg
- Gelenkflächen (3): – frontal/horizontal 45°

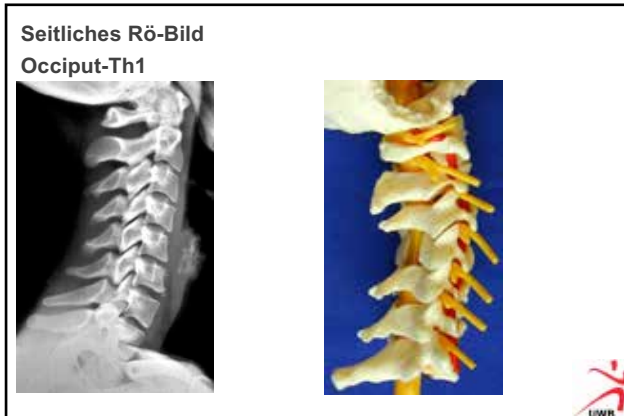
35

**T2 sagittal 1 – 3 Sulcus / Facette (5292)**

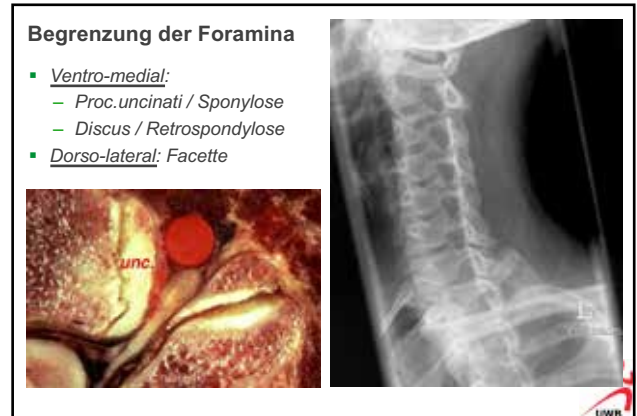


Beachte: sagittale Schichten schneiden das Foramen nie orthograd!

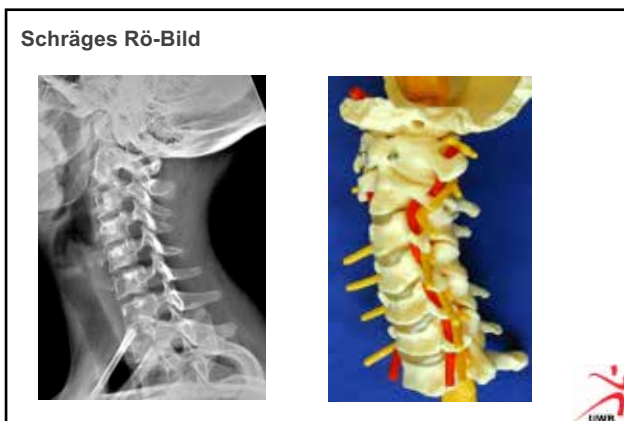
36



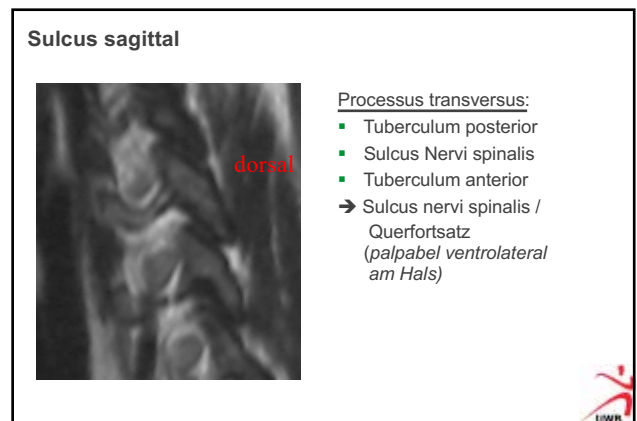
37



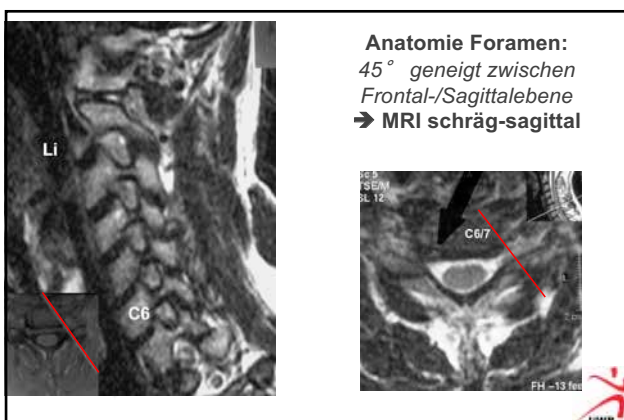
38



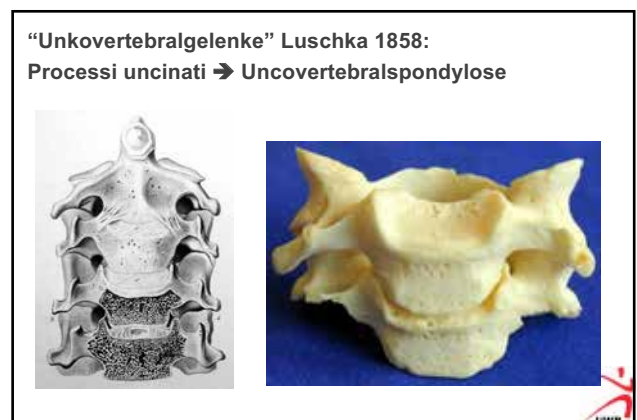
39



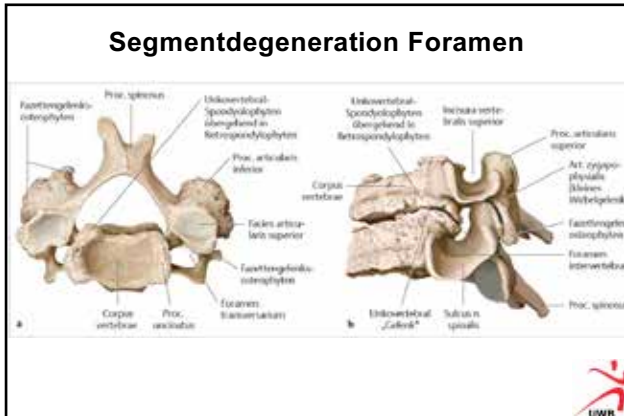
40



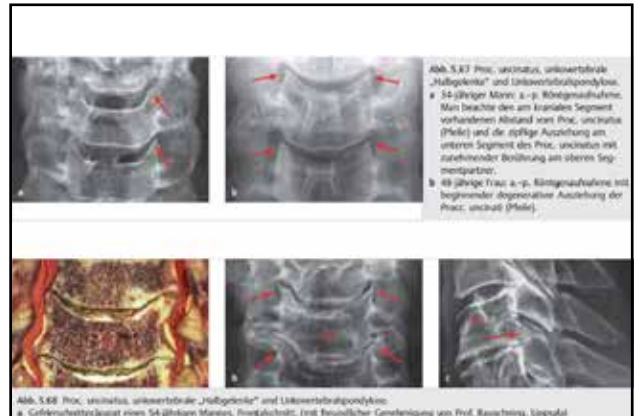
41



42



43



44

**HWS: Foraminalstenose ?  
Knöchern? „soft“-prolaps?**

- 02 44592 Stettler MRI HWS 191120
- 03 33748 Dauti MRI HWS und Rö 190717 MRI HWS Foraminalstenose Spondylophyten Retrospondylose mit Röntgen

45

**MRT:**  
Klinische Relevanz der MODIC-I Läsionen  
und der sog. Fettsuppressionssequenzen

→

Von der Modic-I-Läsion zum Konzept der symptomatischen entzündlichen Diskopathie / **sensibilisierte/aktivierte Facetten** etc.

**Cave:** jede tiefsomatische wirbelsäulennahe Struktur kann sensibilisiert sein  
**(Typ myofaszial . . . )**

46

**Anatomie, Biomechanik**

Abb. 5.130 Anatomie des Discus intervertebralis, siehe Text. (aus: Schick J. Aufl. Stuttgart: Thieme, 2012)

Weniger „Schockabsorber“ sondern Verteilung von hydrostatischem Druck

Chondrose/Dehydratation: mech. Kriechverhalten verändert;  
→ Ausgeprägtere Höhenminderung unter Last und verzögerte Elastizität  
(Elastizität → Plastizität) „patholog. Beweglichkeit“

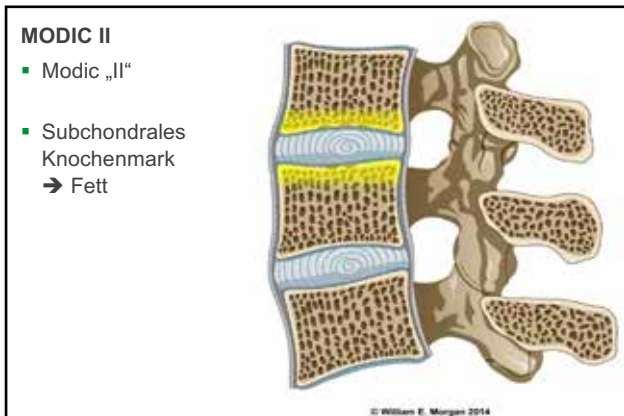
47

**Modic ????**

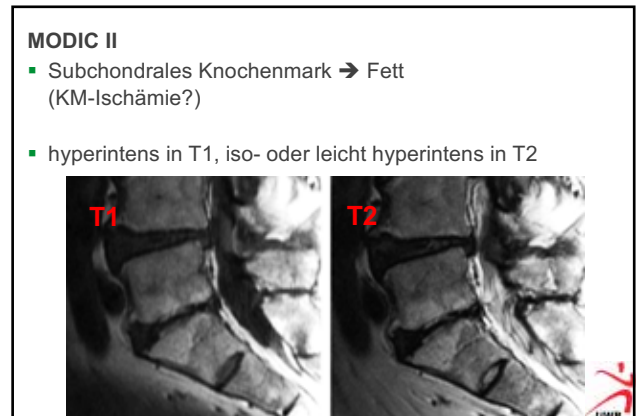
- radiologische Klassifikation von Veränderungen im Bereich der Wirbelkörper
- Knochenmarksveränderungen angrenzend an die Deck- und Bodenplatten.
- 1988: **Michael T. Modic**, Professor für Radiologie und Neurologie (Case Western Reserve University, Cleveland)
- Modic MT, Steinberg PM, Ross JS, et al. Degenerative disk disease: assessment of changes in vertebral body marrow with MR imaging. Radiology 1988;166: 193–99
- Modic MT, Masaryk TJ, Ross JS, et al. Imaging of degenerative disk disease. Radiology 1988;168: 177–86.

48

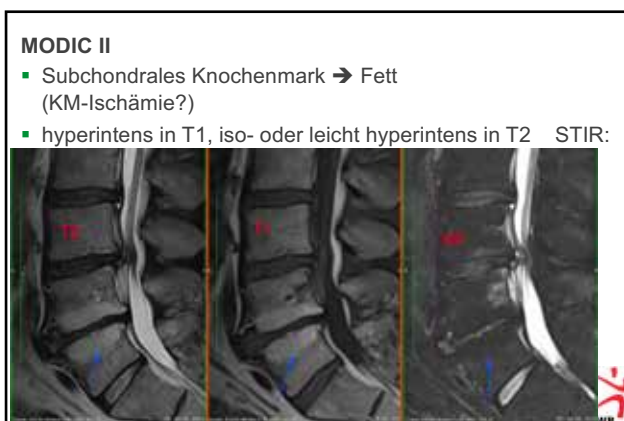




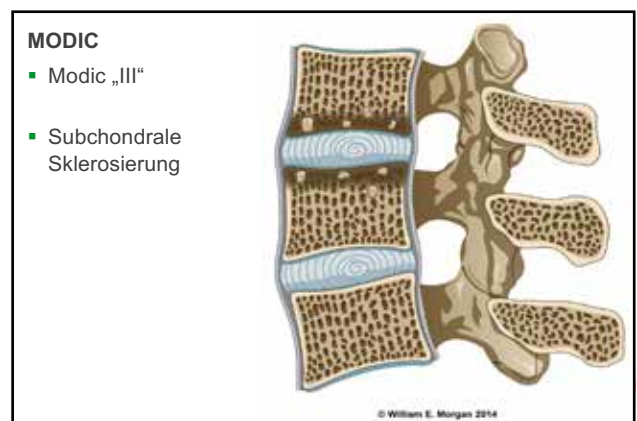
49



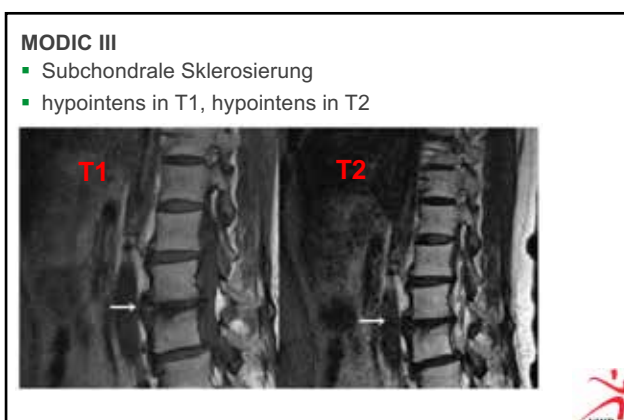
50



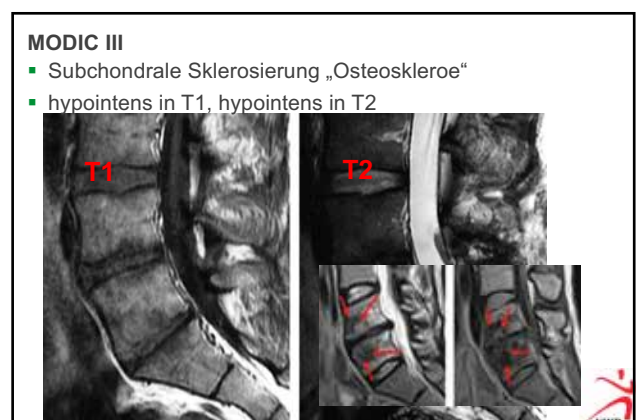
51



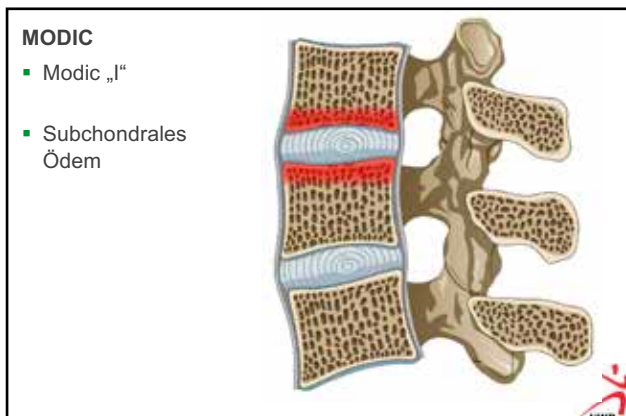
52



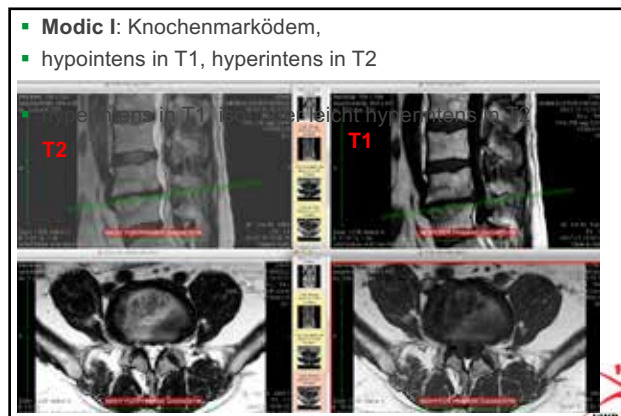
53



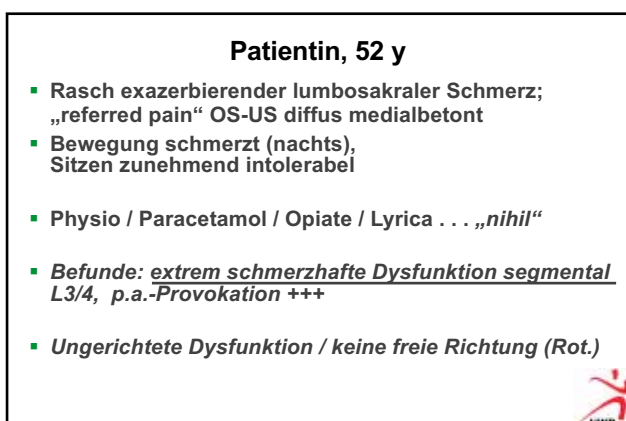
54



55



56



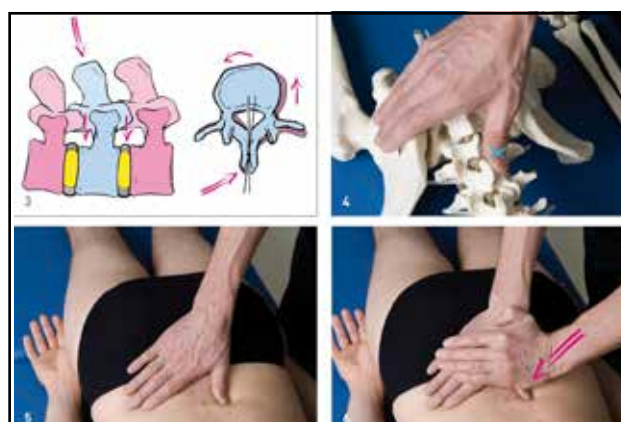
57



58




59



60

**Patientin, 52 y**

- Rasch exazerbierender lumbosakraler Schmerz; „referred pain“ OS-US diffus medialbetont
- Bewegung schmerzt (nachts), Sitzen zunehmend intolerabel
- Physio / Paracetamol / Opiate / Lyrica . . . „nihil“
- Befunde: *extrem schmerzhaft*e Dysfunktion segmental L3/4, p.a.-Provokation +++
- ungerichtet / keine freie Richtung (Rot.)
  
- **Röntgen: Skoliose, Osteochondrosen . . . .**



61




62

- **Modic I:** Knochenmarködem,
- hypointens in T1, hyperintens in T2 → wichtig **T2 + stir**

63

**Patientin, 52 y**

- NSAR → ungenügend
- Opiate → ungenügend




64

**Patientin, 52 y →**

65

**Patientin, 52 y**

- Discografie: bei KM-Applikation hoch schmerzhaft
- *Erinnerter Schmerz*
- → 10mg Triamcinolon solubile
  
- Anhaltend ca. VES 2 (Feedback jetzt 18 Monate)
  
- Physio / **Stabilisation** / Selbständig / arbeitsplatzergonomische Evaluation. . . .




66

**Patientin, 52 y**

- **Konklusion:**
  - Segmentbefund  $\leftrightarrow$  radiologischer Befund: = Schmerzanalyse!
  - Modic I / stir = erosiv-aktive Osteochondrose „Entzündung“ „Sensibilisierung“
  - Starke Beschwerden / ausgeprägter Lokalbefund / primär nicht-radikulär:
  - ➔ MR mit stir (Fettsuppressionssequenz)
- Sind MOIDIC-I-Läsionen klinisch signifikant??

JA „aber“ . . . mit Fettsuppression . . .  
Nicht isoliert betrachten! – individualisierte Diagnostik



67


**Differentialdiagnose: Modic I / Ödem**

- Wichtige Differentialdiagnosen:
- Axiale Spondylarthropathie (Andersson-Läsion, Spöndylitis anterior)
- Infektiöse Spondylodiscitis:
  - kann schwierig sein // stir und GD-Sequenz !!
  - früh starke Weichteilbeteiligung / Ausbreitung
  - nie Gas !!! Discus Ödem !!
- CA-PP-Discitis / akute Chondrocalcinose
- Metastasen




68

**Fettsuppression stir // KM-GD-Sequenz**



69

**Fettsuppression stir  $\leftrightarrow$  T2**






70

**Fettsuppression stir  $\leftrightarrow$  T2**

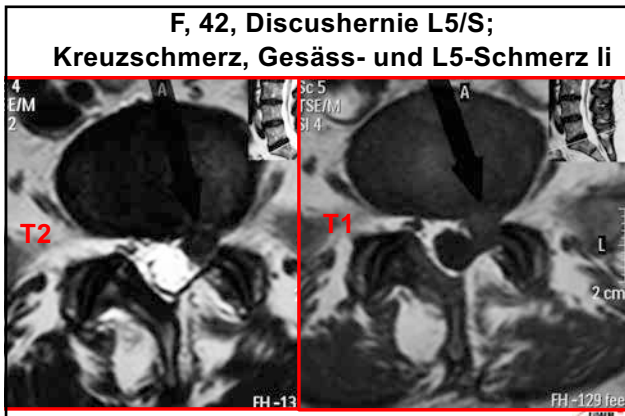



71

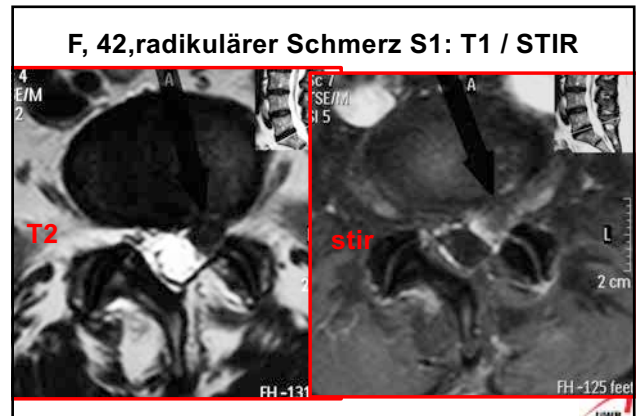
**Fettsuppression stir  $\leftrightarrow$  T2**

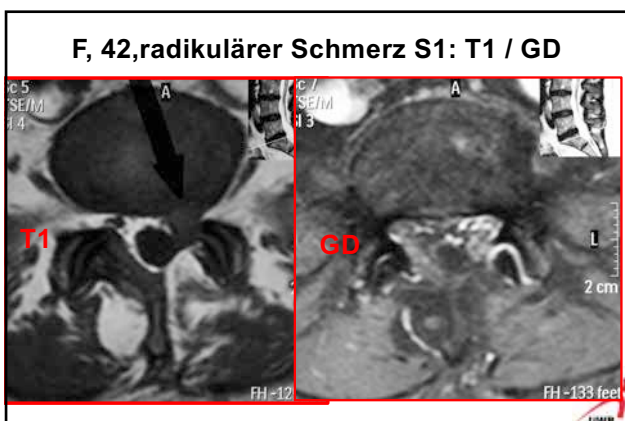
72



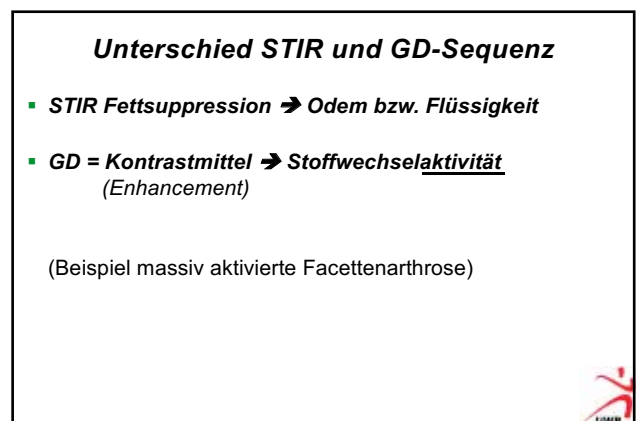
73



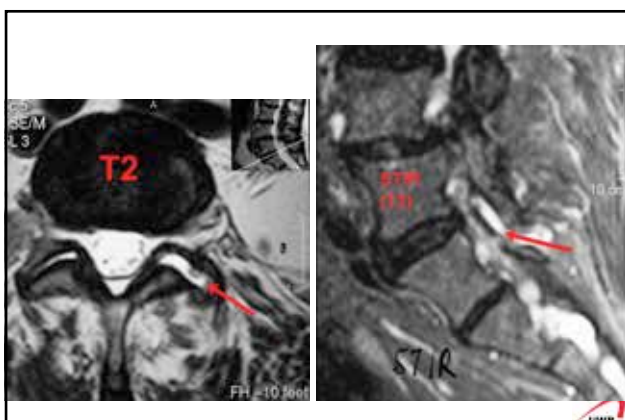
74



75



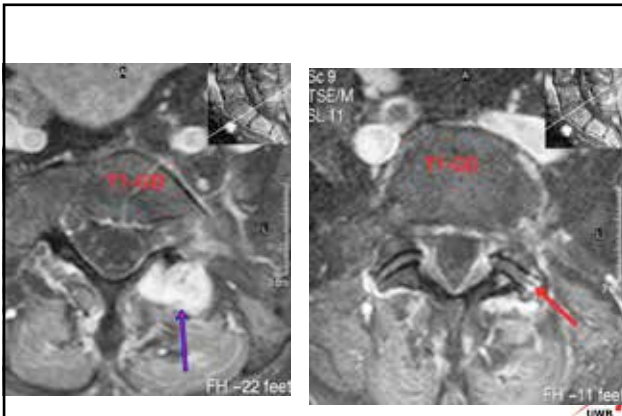
76



77



78



79

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR – SPIR . . . . .**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- I. STIR:
  - Fett extrem kurze T1-Relaxationszeit
  - der Anregungspuls zur Bilderzeugung wird zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs von Fett eingestrahlt (T1 Inversionszeit)
    - Festlegung einer best. Zeit T1 zwischen Inversion und Start der Bildgebung wenn Fett im Nulldurchgang:
    - Gewebe mit dieser Zeit ausgeblendet:
  - → = **STIR short-tau-inversion-recovery-SEQUENZ**

80

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR – SPIR . . . . .**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- STIR:
  - Fett extrem kurze T1-Relaxationszeit
  - alle Spins werde invertiert und der Anregungspuls zur Bilderzeugung wird zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs von Fett eingestrahlt (T1 Inversionszeit)
    - Festlegung einer best. Zeit T1 zwischen Inversion und Start der Bildgebung wenn Fett im Nulldurchgang:
    - Gewebe mit dieser Zeit ausgeblendet:
  - → = **STIR short-tau-inversion-recovery-SEQUENZ**

81

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- STIR:
  - Fett extrem kurze T1-Relaxationszeit
  - alle Spins werde invertiert und der Anregungspuls zur Bilderzeugung wird zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs von Fett eingestrahlt (T1 Inversionszeit)
    - Festlegung einer best. Zeit T1 zwischen Inversion und Start der Bildgebung wenn Fett im Nulldurchgang:
    - Gewebe mit dieser Zeit ausgeblendet:
  - → = **STIR short-tau-inversion-recovery-SEQUENZ**

82

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR – SPIR . . . . .**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- STIR:
  - Fett extrem kurze T1-Relaxationszeit
  - alle Spins werde invertiert und der Anregungspuls zur Bilderzeugung wird zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs von Fett eingestrahlt (T1 Inversionszeit)
    - Festlegung einer best. Zeit T1 zwischen Inversion und Start der Bildgebung wenn Fett im Nulldurchgang:
    - Gewebe mit dieser Zeit ausgeblendet:
  - → = **STIR short-tau-inversion-recovery-SEQUENZ**

83

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR – SPIR . . . . .**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- STIR:
  - Fett extrem kurze T1-Relaxationszeit
  - alle Spins werde invertiert und der Anregungspuls zur Bilderzeugung wird zum Zeitpunkt des Nulldurchgangs von Fett eingestrahlt (T1 Inversionszeit)
    - Festlegung einer best. Zeit T1 zwischen Inversion und Start der Bildgebung wenn Fett im Nulldurchgang:
    - Gewebe mit dieser Zeit ausgeblendet:
  - → = **STIR short-tau-inversion-recovery-SEQUENZ**
  - (am anderen Ende des Spektrums: lange Inversionszeit von Wasser → Flüssigkeitsunterdrückung FLAIR (fluid attenuated inversion recovery))

84

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR – SPIR . . . . .**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- **II. spektrale Fettunterdrückung**
- → *differente Präzessions-Frequenz (Richtungsänderung der Rotationsachse der Kreisbewegung)-der Wasser- und Fett-Protonen*
- → *Einstrahlung eines Inversionspulses in der Resonanzfrequenz von Fett*
  - → **chemical shift selective (CHESS) imaging**

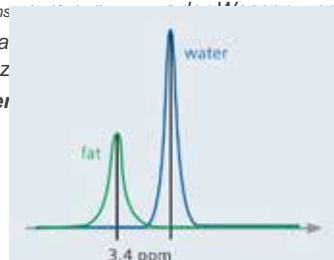



85

**Methoden der FETT-Suppression:**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- **spektrale Fettunterdrückung**
- → *differente Präzessions-Frequenz (Richtungsänderung der Rotationsachse der Kreisbewegung)-der Wasser- und Fett-Protonen*
- → *Einstrahlung eines Inversionspulses in der Resonanzfrequenz von Fett*
  - → **chemical shift selective (CHESS) imaging**

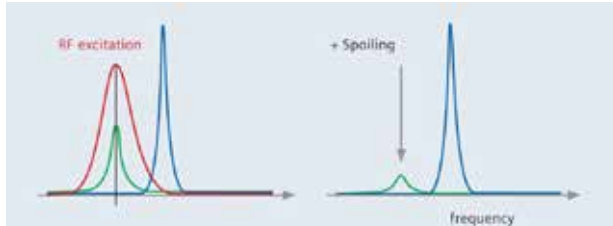




86

**Methoden der FETT-Suppression:**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- **spektrale Fettunterdrückung**
- → *differente Präzessions-Frequenz (Richtungsänderung der Rotationsachse der Kreisbewegung)-der Wasser- und Fett-Protonen*

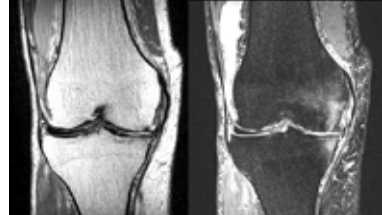



87


**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR – SPIR . . . . .**

2 Methoden der Fettunterdrückung → Ödemdarstellung

- **spektrale Fettunterdrückung, mit Einstrahlung eines Inversionspulses in der Resonanzfrequenz von Fett**
  - → **chemical shift selective (CHESS) imaging**




T2 TSE fs / spair



88

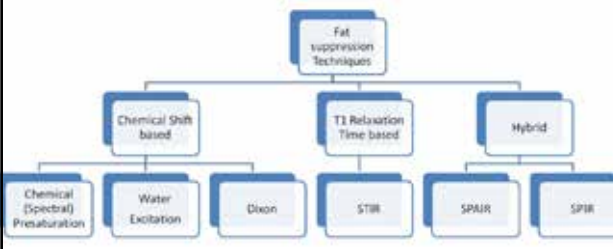
**FETT-Suppression:  
SPIR – SPAIR**

- **II. spektrale Fettunterdrückung, mit Einstrahlung eines Inversionspulses in der Resonanzfrequenz von Fett**
  - → **chemical shift selective (CHESS) imaging** (selektiv Fett ↔ STIR alle gleichen T1 Relaxationszeiten)
- → **SPAIR / SPIR = Hybridtechniken:**
  - **SPIR** = CHESS plus STIR (**SPIR** i.A. T1-gewichtet)
  - **SPAIR** identisch plus „180° adiabatic inversion Impuls“ (**SPAIR** i.A. T2 gewichtet)




89

**Systematik**



Del Grande: Fat-Suppression Techniques for 3-T MR Imaging of the Musculoskeletal System *Radiographics*. 2014 ; 34(1): 217–233  
Tsiotsios: Fat Suppression Techniques for MR Imaging of the Musculoskeletal System (Poster, ECR 2016)



90

Technique/ Sequence	GE	Phillips	Siemens
Chemical (Spectral) Presaturation	Fat sat, Chem sat		Fat sat
STIR	STIR	STIR	STIR, TIRM
SPIR (without adiabatic pulse)	SPECIAL	SPIR	<b>T2 TSE fs</b> *
SPAIR (with adiabatic pulse)	ASPIR	SPAIR	SPAIR

91

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR . . . . .**

- **spektrale Fettunterdrückung**, mit *Einstrahlung eines Inversionspulses in der Resonanzfrequenz von Fett*
  - chemical shift selective (CHESS) imaging (selektiv Fett <-> STIR alle gleichen T1 Relaxationszeiten)
- → **SPAIR / SPIR** = Hybridtechniken:
  - **SPIR** = CHESS plus STIR (SPIR i.A. T1-gewichtet)
  - **SPAIR** identisch plus „180° adiabatic inversion Impuls“ (SPAIR i.A. T2 gewichtet)
- **T2 TSE fs** (Siemens) oder **SPAIR(T2)** (Phillips)

92

**FETT-Suppression:  
STIR – SPAIR . . . . .**

- **STIR:**
  - aufgrund T1-Relaxationszeit nur T2-Bildkontrast
  - SNR (SNR = signal-to-noise ratio = Signal-Rausch-Verhältnis) etwas schlechter
- **SPIR / SPAIR**
  - **Alle Sequenzen: SPIR oft mit T1- gewichteter Sequenz kombiniert ( <-> STIR)**
  - Typisch bei **3-Tesla MR-Geräte**
  - **3-Tesla Nachteile** bei inhomogenen Geweben mit höheren Empfindlichkeitssprüngen – schlechtere Bilder z.B.
  - Bei Luft (Vakuum-Phänomen), Implantate, generell stark inhomogene Gewebe)

93

**FETT-Suppression: Methode?**

**Wirbelsäulen-MRI**

- Methode der Wahl: **mit STIR und 1,5 Tesla**
  - *Stabilste Fettunterdrückung auch bei Metall (da kompletter 180° -Impuls), eher schlechte räumliche Auflösung → aufwändig zeitlich für gute Auflösung)*
  - viel Zeit, Artefakte seltener
  - Implantate / Luft weniger empfindlich
- **SPAIR (T2)**
  - Sensibel auf Magnetfeldinhomogenitäten
- **SPIR (T1):** schnell und gute Auflösung, **Artefakt-anfällig**
  - Sensibel auf Magnetfeldinhomogenitäten

94

**Epidemiologie: Degeneration inkl. Modic I**

- **meta-analysis** of studies reporting the prevalence of degenerative lumbar spine MR
- **imaging findings in asymptomatic and symptomatic adults 50 years of age or younger.**
- 280 unique studies. 15 (5.0%) met the inclusion criteria: **3097 individuals**
- **1193, 38.6%, asymptomatic**
- **1904, 61.4%, symptomatic.**

Brinjikji et al.:AM J Neuroradiology 2015; 36: 2394-99

95

**Epidemiologie Degeneration inkl. Modic**

Outcome	No. of Studies	OR (95% CI)	Prevalence Asymptomatic
Annular fissure	6	1.79 (0.97–3.31)	11.3% (9.0%–14.2%)
High-intensity zone	4	2.10 (0.73–6.02)	9.5% (6.7%–13.4%)
Central spinal canal stenosis	2	20.58 (0.05–798.77)	14.0% (0.4%–18.6%)
Disc bulge	3	7.54 (1.28–44.56)	5.9% (3.8%–8.9%)
Disc degeneration	12	2.24 (1.21–4.15)	34.4% (31.5%–37.5%)
Disc extrusion	4	4.38 (1.98–9.68)	1.8% (0.1%–3.7%)
Disc protrusion	9	2.65 (1.52–4.62)	19.1% (16.5%–22.3%)
Modic changes Modic I+2	5	1.62 (0.48–5.41)	12.1% (9.6%–15.2%)
Modic I changes	2	4.01 (1.10–14.55)	3.2% (0.7%–9.4%)
Spondylolisthesis	4	1.59 (0.78–3.24)	3.2% (1.8%–5.8%)
Spondylolysis	2	5.06 (1.65–15.53)	1.8% (0.0%–5.3%)

Brinjikji et al.:AM J Neuroradiology 2015; 36: 2394-99

96



### Epidemiologie: Degeneration inkl. Modic I

Outcome	No. of Studies	OR (95% CI)	Prevalence Asymptomatic	Prevalence Symptomatic	P Value*	I <sup>2</sup> (%)
Annular fissure	6	1.79 (0.97-3.31)	8.3% (0.0%-14.2%)	20.7% (7.7%-22.8%)	.06	59
High-intensity zone	4	2.30 (0.73-6.92)	9.5% (6.2%-10.4%)	30.4% (8.0%-11.4%)	.07	72
Central spinal canal stenosis	2	30.56 (0.05-198.77)	14.0% (0.4%-16.6%)	58.5% (4.9%-63.9%)	.32	94
Disc bulge	3	7.54 (0.26-44.56)	5.9% (3.8%-8.9%)	43.2% (38.2%-48.2%)	.03	90
Disc degeneration	11	2.24 (0.21-4.0)	14.4% (11.3%-17.5%)	57.4% (4.8%-59.8%)	.07	89
Disc extrusion	4	4.38 (0.98-9.68)	1.8% (0.0%-1.7%)	7.7% (5.4%-9.4%)	<.01	0
Disc protrusion	9	1.63 (0.51-4.62)	38.2% (24.8%-33.3%)	42.2% (29.2%-42.8%)	.00	43
Modic changes	5	1.62 (0.48-5.4)	11.9% (0.6%-10.2%)	21.2% (11.7%-27.3%)	.43	65
Modic I changes	2	4.01 (0.10-14.5)	1.2% (0.7%-0.4%)	6.7% (4.2%-10.4%)	.04	0
Spondylolisthesis	4	1.59 (0.78-3.24)	1.2% (0.8%-5.8%)	6.2% (4.4%-8.7%)	.30	0
Spondylolysis	2	5.06 (0.65-15.1)	1.8% (0.0%-5.3%)	8.4% (6.6%-12.4%)	<.01	0

- Prävalenz asympt. / sympt. Modic I 3,2% / 6,7 %
- Prävalenz asympt. / sympt. Modic I+2 12,1% / 23,2 %
- NICHT High-intensity zone HIZ
- Beachte: andere Pathologien !!

Brinjikji et al.:AM J Neuroradiology 2015; 36: 2394-99

97

### Epidemiologie: Degeneration inkl. Modic I

Outcome	No. of Studies	OR (95% CI)	Prevalence Asymptomatic	Prevalence Symptomatic	P Value*	I <sup>2</sup> (%)
Annular fissure	6	1.79 (0.97-3.31)	8.3% (0.0%-14.2%)	20.7% (7.7%-22.8%)	.06	59
High-intensity zone	4	2.30 (0.73-6.92)	9.5% (6.2%-10.4%)	30.4% (8.0%-11.4%)	.07	72
Central spinal canal stenosis	2	30.56 (0.05-198.77)	14.0% (0.4%-16.6%)	58.5% (4.9%-63.9%)	.32	94
Disc bulge	3	7.54 (0.26-44.56)	5.9% (3.8%-8.9%)	43.2% (38.2%-48.2%)	.03	90
Disc degeneration	11	2.24 (0.21-4.0)	14.4% (11.3%-17.5%)	57.4% (4.8%-59.8%)	.07	89
Disc extrusion	4	4.38 (0.98-9.68)	1.8% (0.0%-1.7%)	7.7% (5.4%-9.4%)	<.01	0
Disc protrusion	9	1.63 (0.51-4.62)	38.2% (24.8%-33.3%)	42.2% (29.2%-42.8%)	.00	43
Modic changes	5	1.62 (0.48-5.4)	11.9% (0.6%-10.2%)	21.2% (11.7%-27.3%)	.43	65
Modic I changes	2	4.01 (0.10-14.5)	1.2% (0.7%-0.4%)	6.7% (4.2%-10.4%)	.04	0
Spondylolisthesis	4	1.59 (0.78-3.24)	1.2% (0.8%-5.8%)	6.2% (4.4%-8.7%)	.30	0
Spondylolysis	2	5.06 (0.65-15.1)	1.8% (0.0%-5.3%)	8.4% (6.6%-12.4%)	<.01	0

- Prävalenz **asympt.** / **sympt. Modic I 3,2% / 6,7 %**
- Prävalenz **asympt.** / **sympt. Modic I+2 12,1% / 23,2 %**
- NICHT High-intensity zone HIZ

Brinjikji et al.:AM J Neuroradiology 2015; 36: 2394-99

98

### Modic II und I: severe LBP / Disability

- 1142 Southern Chinese volunteers
  - recruited by newspaper advertisements
  - without particularly seeking subjects with LBP
- LBP severity was divided into 3 categories:
  - no pain or mild pain (VAS <3),
  - moderate pain (VAS 3-5.9),
  - severe pain (VAS 6).
  - Prolonged severe: >30 days, with VAS >6/10

Mätäa, 2016 Medicine 95(22):e3495

99

### Modic II und I: severe LBP / Disability

- 1142 Southern Chinese volunteers
- Modic changes
 

NO	860	75.3 %
YES	282	24.7 %
Type I	81	7.1 %
Type II	201	17.6 %

Mätäa, 2016 Medicine 95(22):e3495

100

### Modic II und I: severe LBP / Disability

- Association with prolonged severe LBP (>30d, VAS >6)
  - Modic I : OR = 1.84**
  - Modic II: OR = 1.36
- Association with disability (ODI score):
  - Modic I : OR = 1.23 (NS)
  - Modic II : OR = 1.56

Mätäa, 2016 Medicine 95(22):e3495

101

### Modic II: Bedeutung ?

➔ Ödem (stir) entscheidend !

- Primär als „ruhig“ und bedeutungslos einstufen (technischer Befund, häufig)
- ABER: Fettsuppressionssequenzen (stir) können entzündlicher Anteil erkennen lassen ! (➔ individualisierte Diagnostik!)

102

**Relevant: Modic I bzw. Ödem-Anteil Modic I/II**

- **Wichtige Differentialdiagnosen:**
  - Axiale Spondylarthropathie (Andersson-Läsion, Spöondylitis anterior)
  - **Infektiöse Spondylodiscitis:**
    - kann schwierig sein // stir und GD-Sequenz !!
    - früh starke Weichteilbeteiligung / Ausbreitung
    - nie Gas !!! Discus Ödem !!
  - **CA-PP-Discitis /** akute Chondrocalcinose
  - **Metastasen**




103

**Modic II – nicht nur fettige Degeneration  
→ Differenzierung mit stir-Fettsuppression**

**Type II Modic Changes May not Always Represent Fat Degeneration.** Zhiyun: Spine 2016;41:E987–E994

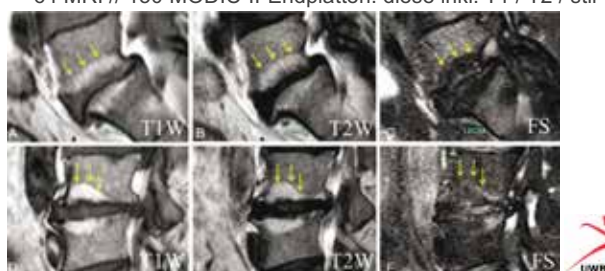
- 24,7% ohne Ödem / **75,3% stir-positiv** //Ödem
- **Stir-positive** Korrelation mit:
  - Alter
  - Discusdegeneration

104

**Modic II – nicht nur fettige Degeneration  
→ Differenzierung mit stir-Fettsuppression**

**Type II Modic Changes May not Always Represent Fat Degeneration.** Zhiyun: Spine 2016;41:E987–E994

- 64 MRI // 150 MODIC-II-Endplatten: diese inkl. T1 / T2 / stir

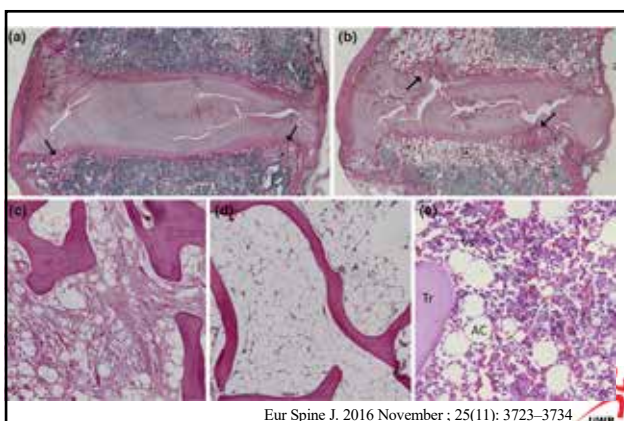


105

**Modic I – Pathogenese**

- **Metabolisch – inflammatorische Komponente !!**
  - Assoziation Cytokin IL-1 $\beta$ , GM-CSF, ENA-78, TNF- $\alpha$  mit Modic I/II (Schroeder Spine Journal 2017; 17: 129: 2 X 10 PAT mit Fusion)
  - Endplate (immunoreactive cells): (Otori / Spine 2006)
    - TNF & PGP 9.5 immunoreactive fibers
  - Endplate (immunoreactivity + mRNA) (Tang; Ortho Relat Res 2016)
    - NLRP-3 / Caspase-1 / IL-1
  - Osteoclast activators are elevated in intervertebral disks with Modic changes (Torkki; Eur Spine J. 2016 Jan;25(1):207-16)
    - OSCAR (osteoclast-associated receptor): OSCAR (p = 0.042) was increased in 'Type I MC' group compared to 'No MC.'
    - RANKL (receptor activator of nuclear factor kappa-B ligand) that were increased in 'Type II MC'.

106



Eur Spine J. 2016 November ; 25(11): 3723–3734

107

**The NLRP3/Caspase-1/Interleukin-1b Axis Is Active in Human Lumbar Cartilaginous Endplate Degeneration**  
Tang et al.: Clin Orthop Relat Res (2016) 474:1818–1826

	Control	Modic Changes
NLRP3	A	D
Caspase-1	B	E
IL-1 $\beta$	C	F

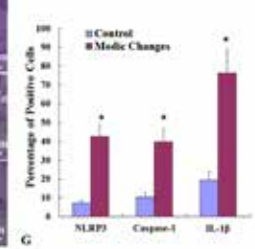


Fig. 3A–G Immunohistochemical illustrations for the control group (original magnification,  $\times 400$ ) for (A) NLRP3, (B) caspase-1, and (C) IL-1 $\beta$  and the Modic changes group (original magnification,  $\times 400$ ) for (D) NLRP3, (E) caspase-1, and (F) IL-1 $\beta$  are shown. (G) The percentages of immunopositive cells are shown for NLRP3, caspase-1, and IL-1 $\beta$ . \* $p < 0.05$ .

108

### Knochen-Stoffwechsel Modic I / II / III Osteoklastenaktivität bei Modic I

- Modic (endplate) changes in the lumbar spine: bone micro-architecture and remodelling Association with disability (ODI score): *Perilli et al.*
- 40 Patienten im Rahmen Spondylodese Biopise Modic-Läsionen
- → Micro-3D-CT
- → Histologie:
  - Osteoid-Oberfläche (Osteoblasten) : Knochenoberfläche
  - Erosion-Oberfläche (Osteoklasten) : Knochenoberfläche
  - Osteoid- : Erosion-Oberfläche

*Perilli: Eur Spine J (2015) 24:1926–1934*

109

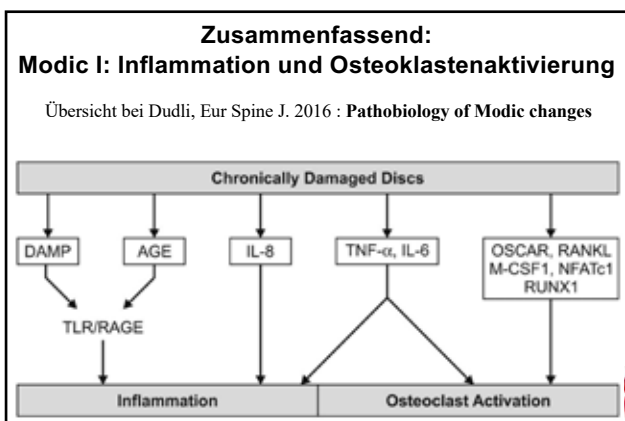
### Knochen-Stoffwechsel Modic I / II / III: Osteoklastenaktivität bei Modic I

(b)

Modic I                      Modic II                      Modic III

*Perilli: Eur Spine J (2015) 24:1926–1934*

110



111

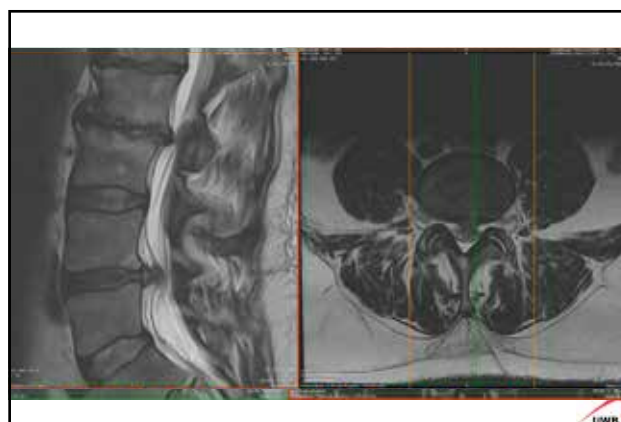
### Modic-I-Läsion nach (bei) Discushernie

- Modic changes following lumbar disc herniation: (*ALBERT: Eur Spine J (2007) 16:977–982*)
- **180 symptomatische Patienten mit Discushernie und Radikulopathie**
- Prävalenz Modic I von 9% auf 29% 14 Monate follow up
- Modic II kein Unterschied

112

### Fall: m, 53y, Physiotheapeut: akute DH

113



114

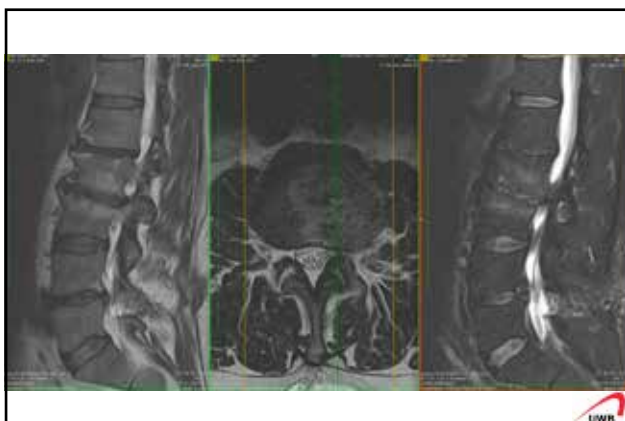
**Dekompression L4/5 bei Therapieresistenz nach 3x interventioneller Schmerztherapie**

115

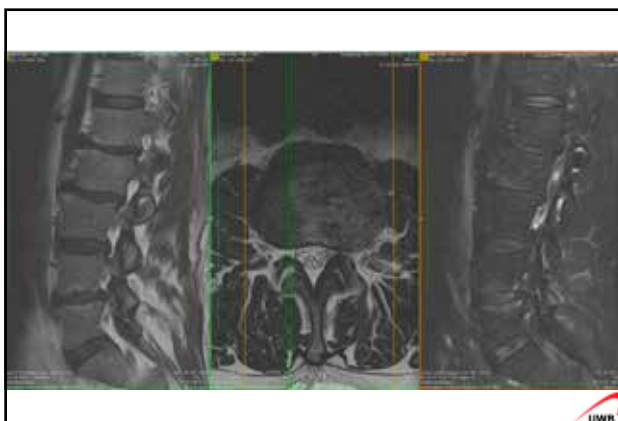
**Fall: m, 53y, Physiotheapeut: akute DH**

- Ausgeprägte lumbale Schmerzen ab 7. Woche nach Dekompression (linksbetont)
- Diffuser „referred pain“ LWS-Becken dorsal bis knapp OS lateral LINKS
- Massiv einschliessende Schmerzen hochlumbal links bei Rotationsbewegungen
- Segmentale Dysfunktion mit p.a.-Provokationsschmerz +++ L1/2; ungerichtete Dysfunktion.

116



117



118



119

**Modic I – Klinik ???**

- *Bailly ESJ 2014, Klar ESJ 2006, Jensen ESJ 2008/2012, Kudsk Jensen Spine J 2014, Rannou Arthritis Rheuma 2007, Nguyen J Rheum 2010*
- Morgensteifigkeit, Nachtschmerz bei Bewegung
- Fröhmgendlicher / Aufstehen: ausgeprägter Schmerz
- Progrediente Schmerzzunahme / Einschränkung
- ASAS-Kriterien entzündlicher Rückenschmerz 40% / serong. Spondarthropathie aber nicht erfüllt !! Gute Vergleichstudie !  
(ARA-Kriterien; Nguyen J Rheum 2010; 37:2334: Assessment of Ankylosing Spondylitis Criteria in Patients with Chronic Low Back Pain and Vertebral Endplate Modic I Signal Changes)

-	40 cLBP mit MRI:	25 no-Modic I,	15 Modic I
-	ASAS inflamm. LBP:	37%	40%
-	ASAS SpAarthr.	0%	0%

120

### Modic I – Klinik ???

- **Bailly ESJ 2014**, Inflammatory pain pattern and pain with lumbar extension associated with Modic 1 changes on MRI: a prospective case-control study of 120 patients
- Eur Spine J (2014) 23:493–497
- Design: LBP >6Mt 60x; 60 Gender-/age-matched  
→ prospektiv; MRI- und klinische Analyse
- Conclusions: Characteristics of patients with LBP and Modic 1 changes on MRI consist of an **inflammatory pain\*\*** pattern and pain with lumbar extension.
- **\*\* inflammatory pain**:
  - maximal painon morning,
  - waking at night because of pain, and
  - Morning stiffness for longer than 60 min



121

### Modic I – Klinik: Zusammenfassung

- *Bailly ESJ 2014, Klar ESJ 2006, Jensen ESJ 2008/2012, Kudsk Jensen Spine J 2014, Rannou Arthritis Rheuma 2007, Nguyen J Rheum 2010*
  - Morgensteifigkeit, Nachtschmerz bei Bewegung
  - Frühmorgendlicher / Aufstehen: ausgeprägter Schmerz
  - Progrediente Schmerzzunahme / Einschränkung
  - ASAS-Kriterien entzündlicher Rückenschmerz 40% / serong. Spondarthropathie aber nicht erfüllt !! Gute Vergleichstudie !  
(ARA-Kriterien; Nguyen J Rheum 2010; 37:2334: Assessment of Ankylosing Spondylitis Criteria in Patients with Chronic Low Back Pain and Vertebral Endplate Modic I Signal Changes)
- |   |                   |                |            |
|---|-------------------|----------------|------------|
| – | 40 cLBP mit MRI:  | 25 no-Modic I, | 15 Modic I |
| – | ASAS inflamm.LBP: | 37%            | 40% 36%    |
| – | ASAS SpArthr.     | 0%             | 0% 0%      |



122

### Modic I – Klinik und CRP:

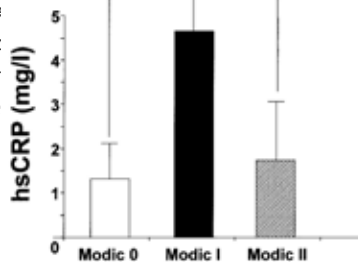
*Rannou: Arthritis Rheum 2007; 57: 1311-5.*

- cLBP: 12 Modic 0, 12 Modic I, 12 Modic II
- Signifikante Unterschiede:
  - Leichte aber signifikante CRP-Erhöhhung
  - Frühmorgendlicher Rückenschmerz exazerbiert
  - Morgensteifigkeit Dauer (49' Modic I – versus 21'/9')
  - Schmerzauslösung Vasalva (p nur 0,005)



123

hsCRP (mg/l)



21'/9'



124

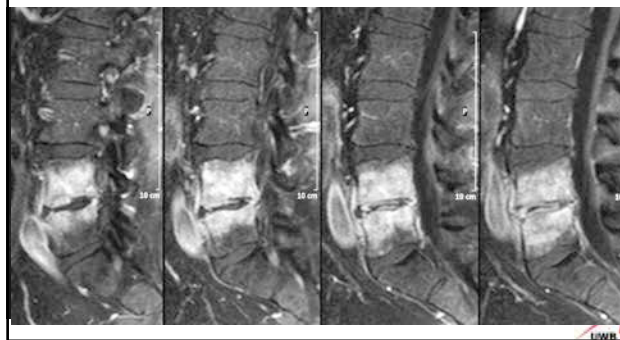
### Case: 42 y: langsam progrediente lumbosakrale Schmerzen

- Nachschmerzen, Bewegungschmerz, rasch progredient über 3 Woche
- CRP: 15mg/l → 30mg/l (1 Woche) → 110mg/l



125

### Case: 42 y: langsam progrediente lumbosakrale Schmerzen



126

**Schmerzzunahme bei LBPP mit Entwicklung Modic I :**

- Chronic low back pain in relation to Modic changes, bony endplate lesions, and disc degeneration in a prospective MRI study.
- Luoma et al.: *Eur Spine J.* 2016 Sep;25(9):2873-81
  - Decrease M1 associated with decrease of pain
  - Persistence M1 associated with increase pain
  - Increase M1 associated with persist or increase

127

**Schmerzzunahme bei LBPP mit Entwicklung Modic I :**

- Chronic low back pain in relation to Modic changes, bony endplate lesions, and disc degeneration in a prospective MRI study. (49 Pat.)
- Luoma et al.: *Eur Spine J.* 2016 Sep;25(9):2873-81

**Decrease M1 associated with decrease of pain**

Table 3. Relation of grade of change in M1 on that to pain intensity, assessed by difference between NRS at baseline and at follow-up MRI in 4 chronic LBP patients

Grade of M1 change	Grade of change in pain intensity (NRS difference)			All N (%)
	Decrease by 3-6 n (%)	Decrease by 1-2 n (%)	Increase by 1-4 or no change n (%)	
No M1	116 (30.5)	119 (31.3)	145 (38.2)	380 (100)
M1 disappeared or decreased	20 (43.0)	21 (42.0)	9 (18.0)	50 (100)
M1 persisted (size unchanged)	0 (0.0)	3 (37.5)	5 (62.5)	8 (100)
M1 enlarged	11 (26.2)	11 (26.2)	20 (47.6)	42 (100)
New M1 appeared	3 (30.0)	8 (80.0)	1 (10.0)	10 (100)
All	150 (30.8)	160 (32.7)	180 (36.7)	490 (100)

Number and percentage of disc spaces within each grade of M1 change by grade of NRS change on three-grade scale

128

**Modic I und Provokationsdiskografie**  
 Modic Changes on MR Images as Studied with Provocative Diskography: Clinical Relevance—A Retrospective Study of **2457** Disks  
 Thompson *Radiology* 250:849–855

129

**Modic I und Provokationsdiskografie**  
 Modic Changes on MR Images as Studied with Provocative Diskography: Clinical Relevance—A Retrospective Study of **2457** Disks

Figure 1

130

**Fall: 66y f**

- Nacken-Schulter-Schmerz links – therapieresistent
- Omarthrose links mit Erguss: Infiltration kein Effekt

131

**T2 Fettsuppression**

132



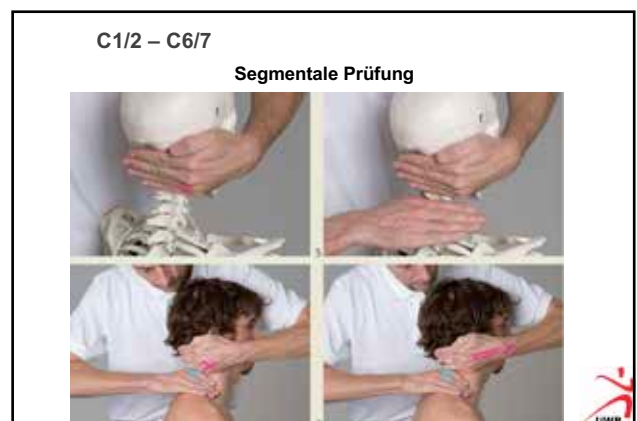
133



134



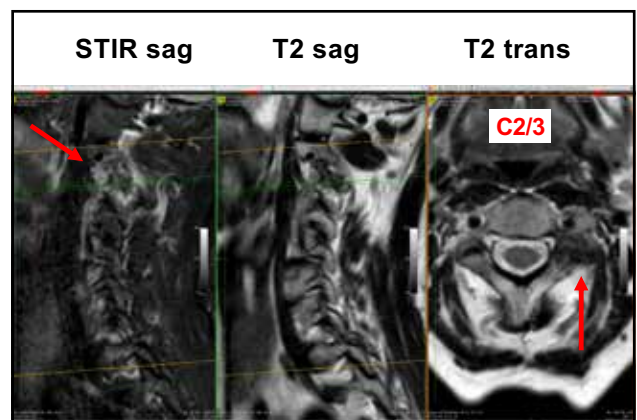
135



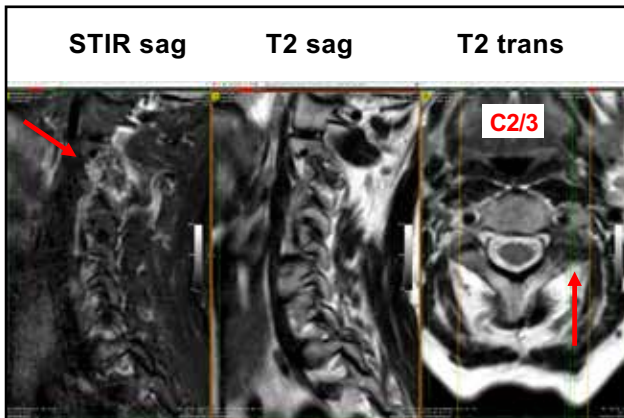
136



137



138



139

**Fall: 66y f**

- Nacken-Schulter-Schmerz links – therapieresistent
- → klinisch lokale Hyperalgesie und ungerichtete Dysfunktion C2/3 → Provokation Schmerz Nacken-Schulter
- → hochgradig aktivierte Fazettenarthrose C2/3 links
- → → Korrelation
- Therapie:
- → Infiltration Fazette C2/3 links
- später

140

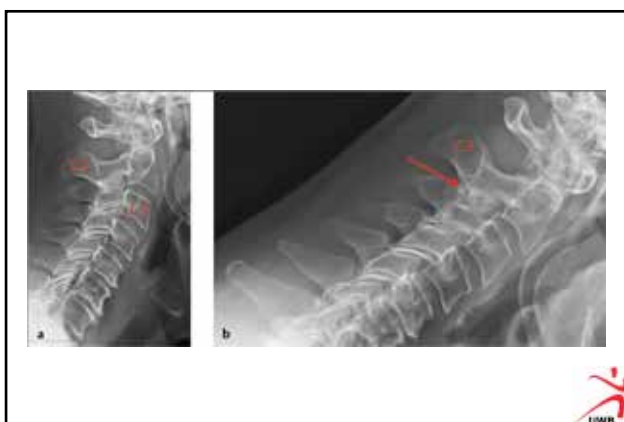


141

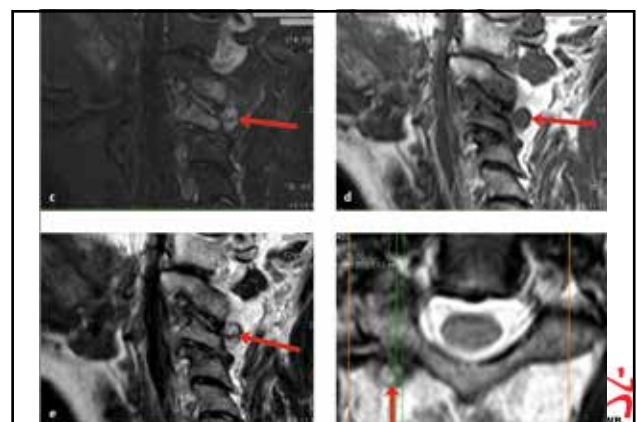
**Fall: 72-jährige Patientin**

- HWS-Trauma Heckkollision, Blick rechts
- Innerhalb 2 Wochen rasch exazerbierende heftige hochzervikale Schmerzen rechtsbetont, Kopfschmerz, Schwindelgefühl.
- Lokale Hyperalgesie C2/3 rechts, ungerichtete Bewegungsdysfunktion C2/3

142

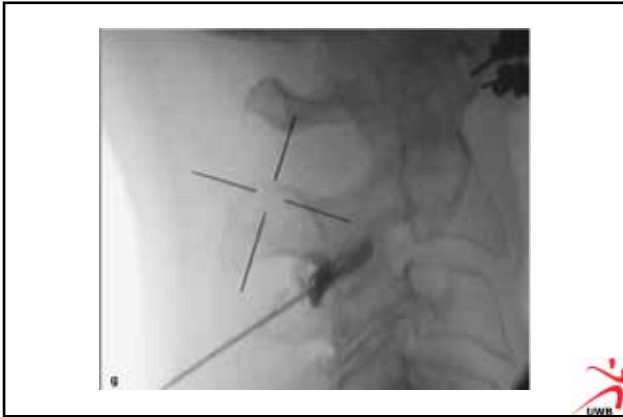


143



144





145

**Fall: m, 53y**

- Bekannter **Morbus Bechterew** mit ausgeprägter sek. Einsteifung ganzes Wirbelsäule ab C2/3
- Progredientes ausgeprägtes hochzervikales Schmerzsyndrom:
  - Nachtschmerzen / beso beim Drehen im Bett
  - Therapieresistenz auf Paracetamol, NSAR, Opiat
  - Labor: keine Entzündung
- KLINIK: Ausgeprägt schmerzhafte Einschränkung und Dysfunktion C1/2 linksbetont. KEINE freie Richtung

146



147

**MRI: frontal / sag T1 → GD-KM / stir**

148

**Dens !!!**

149

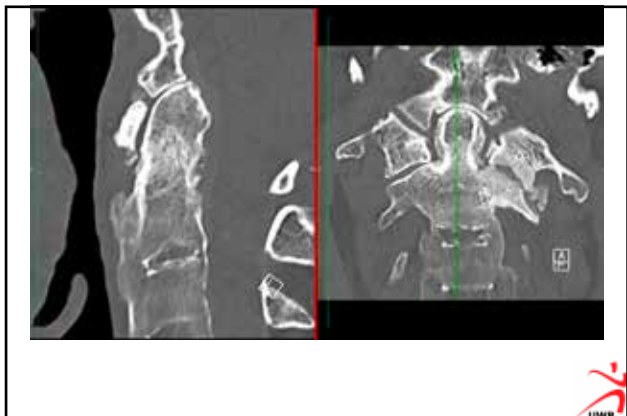
**→ C1/2-“Arthritis“ links**

? Im Rahmen Spondylarthropathie ?  
**→ aktivierte atlantoaxiale Arthrose !!**

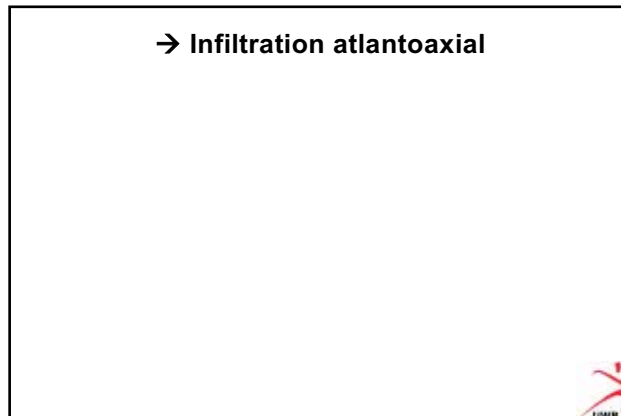
Mechanische Überlastung C1/2

cave Dens-Ödem im MRI:  
 DD Stressreaktion → Frakturierung  
 Computertomografie

150



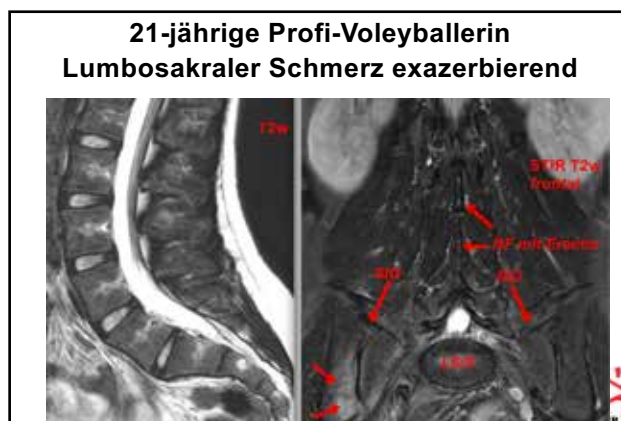
151



152



153



154

**Klassifikation der Stressreaktionen (Arendt 1997)**

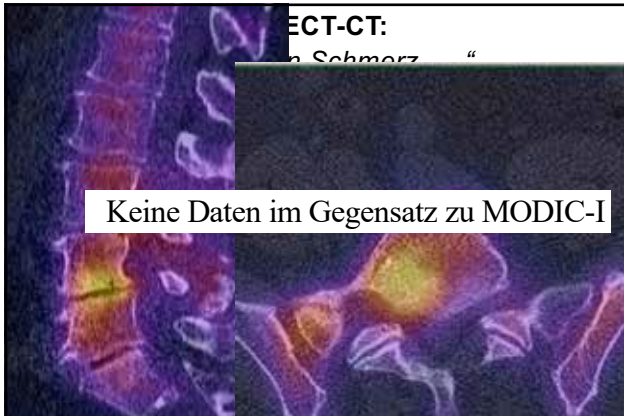
- **Grad I:** nur STIR-Sequenz positiv, Szintigrafie mit milder Aufnahme an einer Kortikalis;
- **Grad II:** positiv in der STIR- und in der T2-Sequenz ohne konventionell-radiologische Veränderungen;
- **Grad III:** Röntgen Zarte Konturunterbrechung evtl. periostale Reaktion;
- **Grad IV:** Fraktur oder periostale Reaktion konventionell-radiologisch.

155

**Facettenarthrit / aktiviert ev. Stressreaktion**

- 20118 Frei MRI LWS 191111 stir modic aktivierte Facette mit Stress pedikel
- 08 49750 Zehnder MRI CT LWS 191022 stir modic Stress Spondylolyse Provisport BV

156



157

**Gute SPECT-CT Indikationen z.B. bei Implantaten → Case:**

- 77y 7 f
- TEP Hüfte rechts vor 18 Jahren
- Schmerz zunehmend belastungsabhängig Leiste-Oberschenkel ventral (auf BEFRAGEN bis prätibial), Gesäss
- Auswärts: Rö Becken:  
Interpretation = symptomatische Pfannenlockerung

158



159

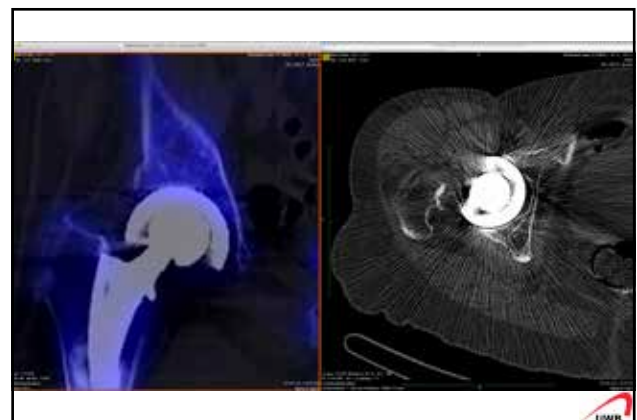
**2° Meinung / Abklärung**

- Auf Befragen: prätibialer Schmerz gehabhängig
- Klinik: Hüfte frei !! ABER Femoralis-Dehnschmerz

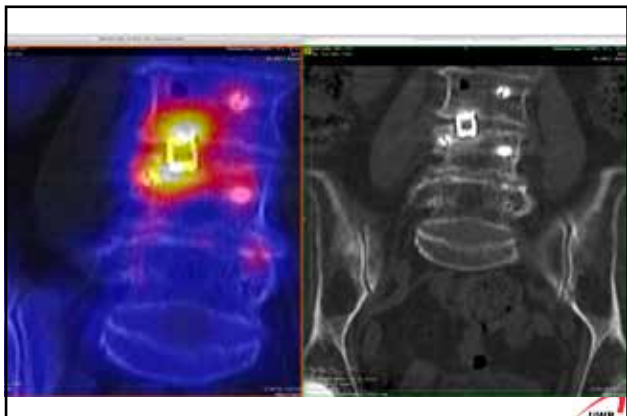
160



161



162



163



164

**Zusammenfassung**

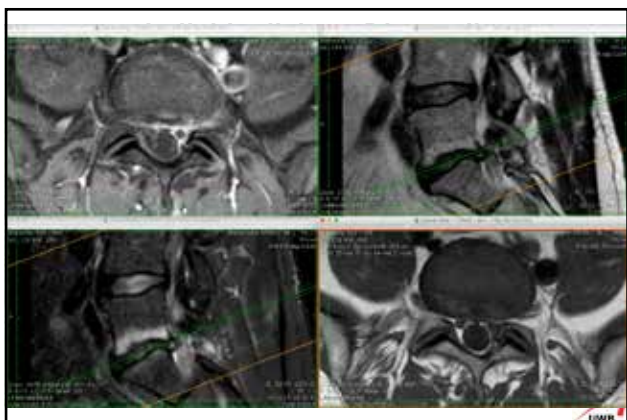
- *Modic I* korreliert v.a. bei neuem Auftreten mit Schmerzzunahme/Einschränkung
- **Klinischer Segmentbefund** ↔ **radiologischer Befund:**
- *Modic I / stir* = erosiv-aktive Osteochondrose „Entzündung“ „periphere Sensibilisierung“
- → stir-Sequenz differenziert gegenüber nur T1 und T2
- **Starke Beschwerden / ausgeprägter Lokalbefund / primär nicht-radikulär:**  
→ mit stir (Fettsuppressionssequenz) MR verlangen
- **Anamnese** (Sensibilisierung?) + **Segmentbefund MIP**  
→ **gezielte Fragestellung ans MRT**
- **Korrelation ! = Schmerzanalyse !**  
**Individualisierte Dg !**

165

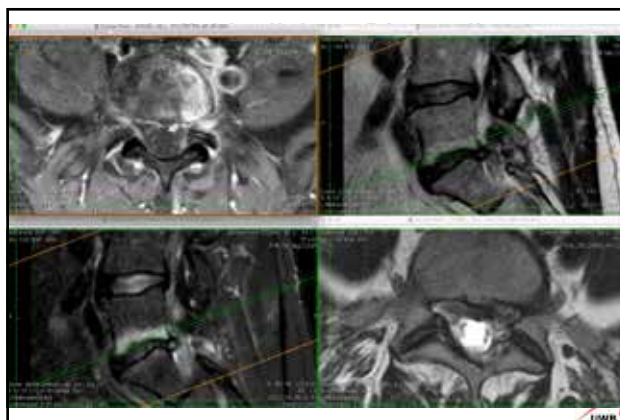
**Individualisierte Diagnostik**

- M, 43, hochengagierter CEO und sportlich aktiv
- DH L4/5 mit L5-Radikulopathie sensomotorisch
- Dekompression bei therapieresistenz nach interventioneller Schmerztherapie
- Primär günstiger Verlauf
- Ab 3. Woche:
  - Rezidiv-Radikulopathie L5 als radikuläres Schmerzsyndrom
  - Neu ausgeprägte lumbosakrale Schmerzen
  - CRP 55 mg/l

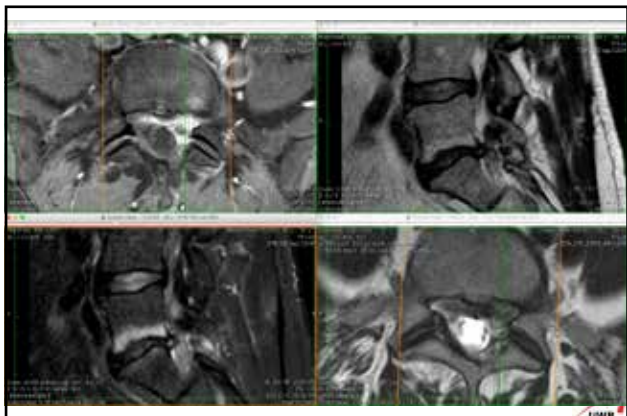
166



167



168



169

### Individualisierte Diagnostik

- Entzündliches Narvengewebe perineural im Recessus
- Erosive subchondrale Modic-I-Osteochondrose (Komponente)
- Therapie: 1x Infiltration Recessus mit 60mg Triamcnolon (retrodiscale Nadellage)



170