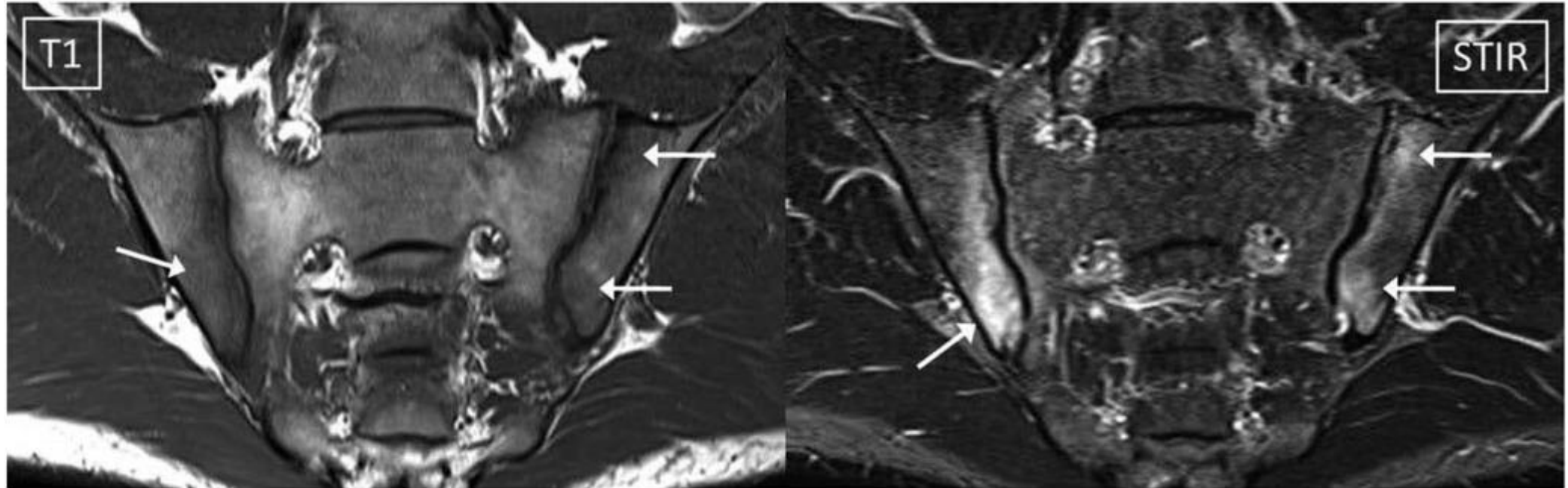


Prevalence and determinants of sacroiliac joint bone marrow oedema in the general population in Germany: a population-based cross-sectional study

Lancet Rheumatol. 2026 May 6:S2665-9913(26)00071-8.

背景 1：MRIは脊椎関節炎の診断に有用

- 26歳男性, 3ヶ月持続する炎症性腰痛, 修正ニューヨークの基準を満たさない.



- 軟骨下骨に**STIR**高信号, **T1**低信号の骨髓浮腫 (**BME**)を認める.
- 体軸性脊椎関節炎と診断.

➡ X線に比べて早期仙腸関節炎を検出可能

Ann Rheum Dis. 2016 Nov;75(11):1958-1963.

Arthritis Rheum. 1984 Apr;27(4):361-8.

Curr Rheumatol Rep. 2023 Mar;25(3):47-55.

背景 1：MRIは脊椎関節炎の診断に有用

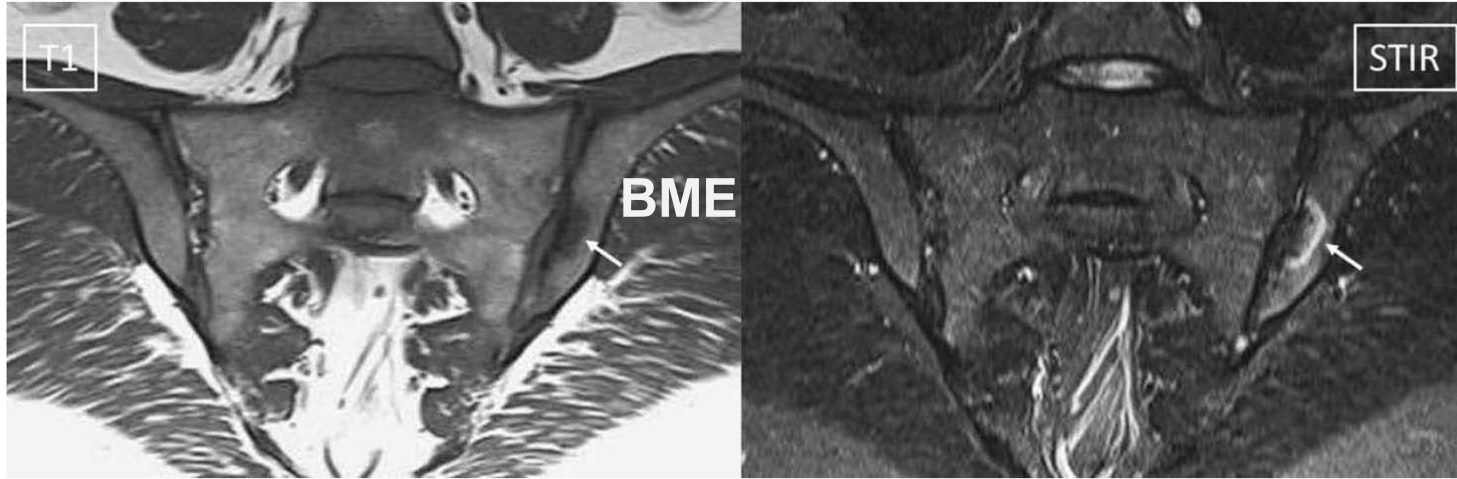
■ ASAS / SPARTAN Revised Classification Criteria 2025

Patients with a diagnosis of axial <u>spondyloarthritis</u> (mimics excluded) Plus History of chronic back pain (≥3 months) and age of onset <45 years	
SpA Feature	Points
MRI indicative of axSpA in the sacroiliac joints*	8
OR	
Radiographic sacroiliitis**	7
HLA-B27	4
Inflammatory back pain ⁺	3
Peripheral arthritis	1
Inflammatory bowel disease	1
Acute anterior uveitis	1
Heel enthesitis	1
Elevated CRP	1
Psoriasis	1
Cut-off ≥11 points is required to classify a patient with axial <u>spondyloarthritis</u>	

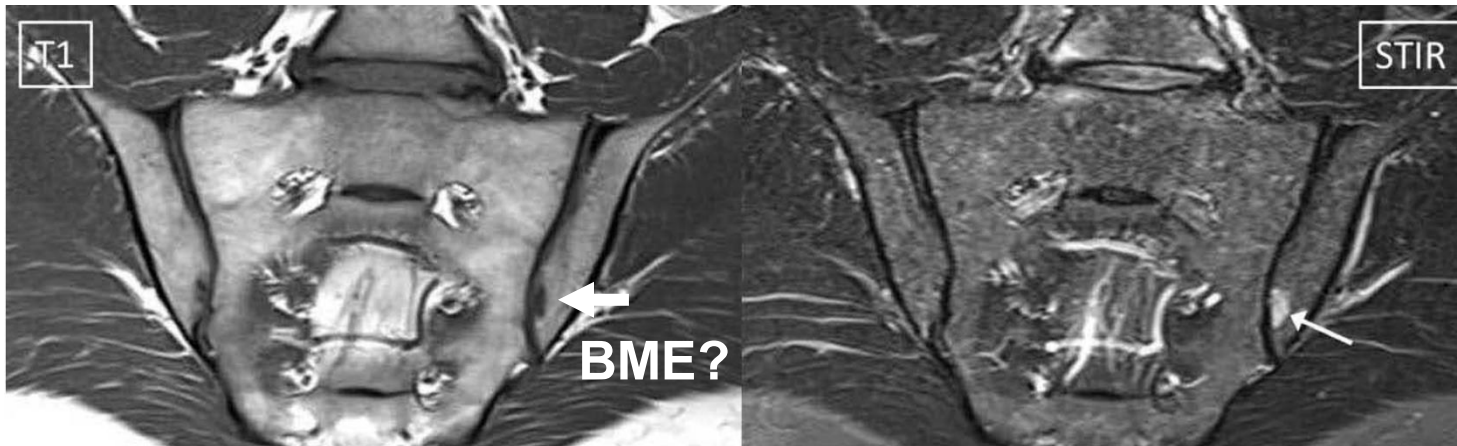
- 仙腸関節に所見があるだけで8/11を満たす.
- 炎症性腰背部痛があればその時点でAxSpAと分類される.

背景 2：仙腸関節の所見を判断するのは難しい

- 腸骨硬化性骨炎 (OCI)：28歳女性, 10年間の経過観察後にOCIと診断

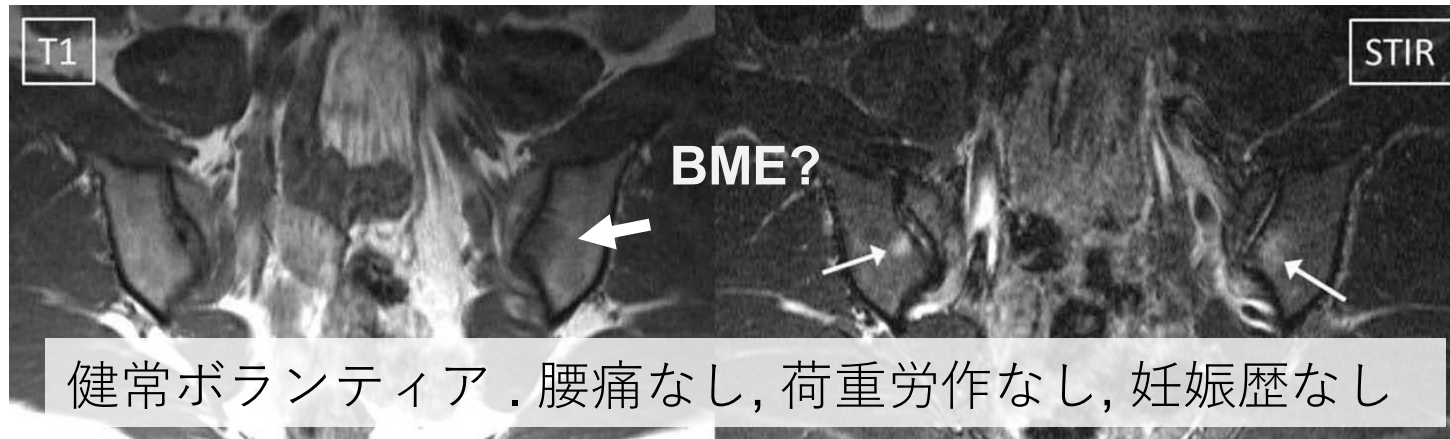


- 仙腸関節への荷重負荷による変形性関節症：31歳男性の腰痛

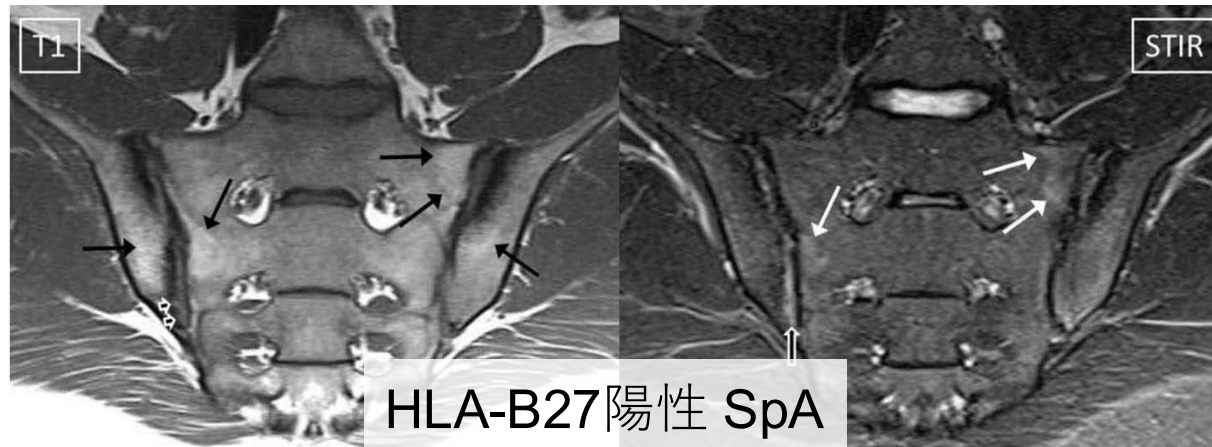


背景 2：仙腸関節の所見を判断するのは難しい

- 35歳女性：両側で少なくとも2つのスライスで明確に確認可能.



- 20歳男性：右側の信号変化は1つのスライスのみで確認可能.



背景 2：仙腸関節の所見を判断するのは難しい

■ SpAのMRIの読み方

- BMEは少なくとも2スライスで明確に確認する事ができる.ただし, 炎症性病変が複数ある場合, 1つのスライスで炎症が検出されれば”SpAを強く示唆する”という基準を満たすのに十分な可能性がある. しかし, 通常は1スライスのみは稀.
- 炎症があるように見えるが, その病変が”SpAを強く示唆する”という基準を満たしているかどうかを判断するのが難しい場合, 併存する構造的損傷(特にびらん), その他の炎症の兆候の存在によって影響から総合的に考える.
- MRI検査の評価は客観的に. しかしMRI所見は非特異的であり, 臨床的背景を考慮して行う.

■ 曖昧な表現が多く, 判別が難しい (特に若手医師) .

- 拾い上げすぎると過剰診断.
- 拾わなすぎると早期治療の機会を逃す.

実際, どのくらい過剰診断の可能性があるんだろう？

Ann Rheum Dis. 2016 Nov;75(11):1958-1963.

Curr Rheumatol Rep. 2023 Mar;25(3):47-55.

Clin Rheumatol. 2015 Aug;34(8):1397-405.

背景 3：SpA以外のBME頻度に関する既報

		小規模	かなり多い
対象集団	国籍	N	頻度
健常無症状 (平均31歳)	欧州多国籍	47	23.4%
一般住民 (平均37.5歳)	ドイツ	802	18.0%
軍人(新兵訓練前)	ベルギー	22	40.9%
軍人(新兵訓練後)			50%
産後(3ヶ月)	デンマーク	103	69%
産後(12ヶ月)			54%
腸骨硬化性骨炎	中国	27	48.1%

Arthritis Rheumatol. 2018 Jul;70(7):1042-1048., Arthritis Rheumatol. 2018; 70 (suppl 9)., Rheumatology (Oxford). 2018 Mar 1;57(3):508-513.
Arthritis Rheumatol. 2023 Jul;75(7):1166-1175., IJRD. 2018 Jan;21(1):299-307.

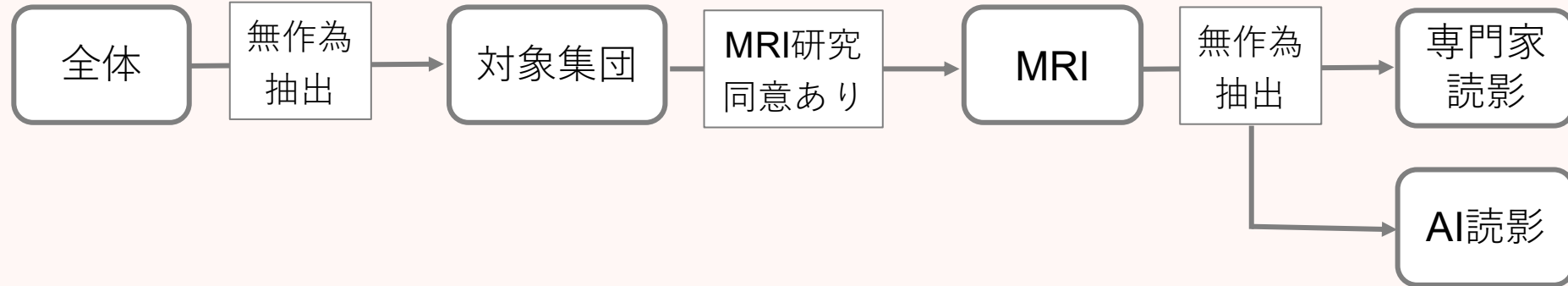
今回の論文

□ 目的

- 大規模一般集団における**BME**の頻度を調査する.
- **BME**に関連する人口統計情報, 生活習慣などを調査する.

□ 対象集団：ドイツの**National Cohort**（n= 205,415）のデータを利用.

- 慢性疾患の原因とリスク因子を調べるための前向きコホート.
- ドイツ**18**施設が参加. (主に?)**20-69**歳が対象者. ドイツ語が話せない人は除外される.



方法：MRIの撮影と読影

□ 3テスラのMRIを使用して仙腸関節の骨髓浮腫を評価.

- Sequence 1 : 1 mm × 1 mm × 1 mm isotropic resolution
- Sequence 2 : 2点ディクソン法を用いたT1-weighted volumetric interpolated breath-hold examination.

※ 2点ディクソン法: 水と脂肪の共鳴周波数の違いと位相差を利用し, 1回の撮像で「水のみ（脂肪抑制）」と「脂肪のみ」の画像を同時に分離・生成できる技術

□ 仙腸関節MRIの読影

1. 専門家読影：臨床情報をマスクされた3人の10年以上の経験がある読影者.
 - ASAS MRI基準を標準としてコンセンサスを取ったうえで独立して評価.
 - 骨髓浮腫：ASAS-OMERACTの活動性炎症性病変の定義*

* 仙骨関節の軟骨下骨髓のSTIR亢進号

構造的変化は
なくても良い

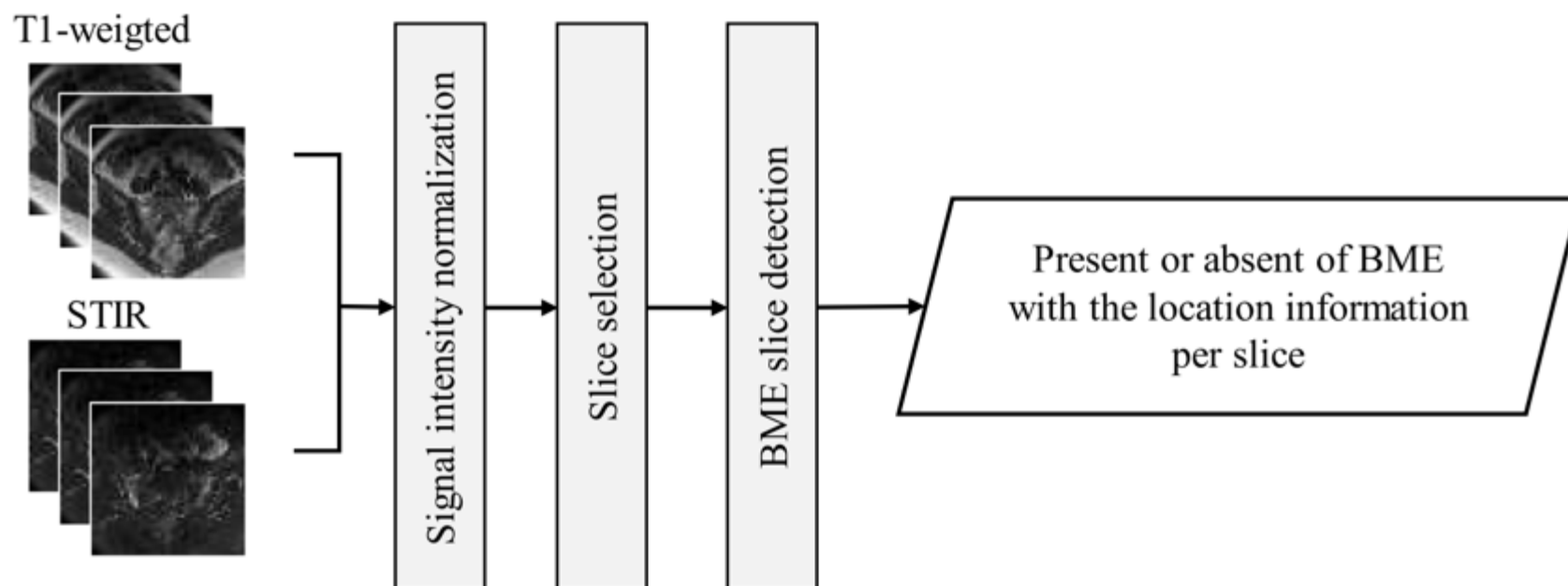
2. AIによる読影：深層学習（詳細は割愛します）

背景3：深層学習を用いたBME検出の実例

■ 日本国内15施設からaxSpA(n=86)のMRI画像を用いて解析

参加施設

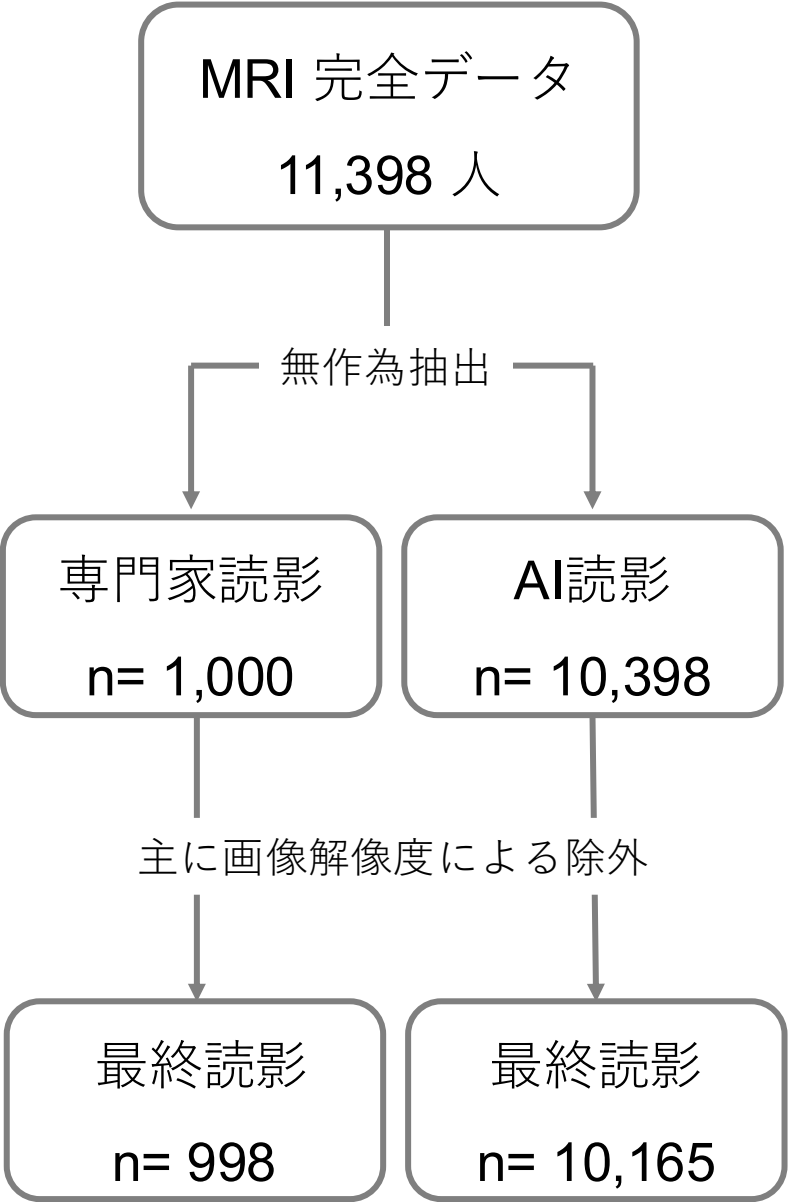
- 北大
- 山形大整形
- 埼玉医大
- 順天堂
- 聖路加
- 阪大整形
- 大阪市総
- 兵庫医大
- 香川大
- 岡山日赤
- 慶応放射線
など



感度：0.532（小さいBMEを拾えないため低い）

特異度：0.974

結果1：患者背景



	Expert-read (n=998)	AI-analysed (n=10 165)
Sex		
Female	470 (47.1%)	4962 (48.8%)
Male	528 (52.9%)	5203 (51.2%)
Age, years	53.0 (45.0–61.0)	53.0 (45.0–61.0)
BMI, kg/m²	26.9 (4.9)	26.8 (4.7)
Smoking status		
Current	198/955 (20.7%)	1916/9807 (19.5%)
Former	304/955 (31.8%)	3240/9807 (33.0%)
Never	453/955 (47.4%)	4651/9807 (47.4%)
Physical activity		
Sufficient according to GPAQ	841 (84.3%)	8703 (85.6%)
Occupational	475 (47.6%)	4618 (45.4%)
Transportation-related	678 (67.9%)	6806 (67.0%)
Recreational	741 (74.2%)	7552 (74.3%)
Intensive	613 (61.4%)	6135 (60.4%)
Family status, married	671 (67.2%)	6733 (66.2%)
Education, university degree or higher	490/910 (53.8%)	5193/9224 (56.3%)
Socioeconomic status (ISEI-08)	49.2 (15.8)	49.1 (15.3)
History of psoriasis	63/984 (6.4%)	622/10 151 (6.1%)
History of inflammatory bowel disease	12/996 (1.2%)	116/10 139 (1.1%)
Chronic back pain ever	238/996 (23.9%)	2391/10 138 (23.6%)
Chronic back pain in the last 12 months	145/993 (14.6%)	1466/10 140 (14.5%)
Known axial spondyloarthritis diagnosis	4/996 (0.4%)	63 (0.6%)
C-reactive protein concentration, mg/L	2.0 (3.5)	2.2 (3.9)
Elevated C-reactive protein (>5 mg/L)	34/432 (7.9%)	426/4636 (9.2%)
Pregnancy ever	341/444 (76.8%)	3783/4758 (79.5%)
Number of pregnancies	1.9 (1.5)	1.9 (1.5)
Livebirth ever	322/426 (75.6%)	3560/4561 (78.1%)
Number of livebirths	1.5 (1.2)	1.5 (1.1)
Bone marrow oedema volume measure, cm³	0.9 (1.6)	0.9 (1.2)
Bone marrow oedema presence (balanced cutoff)	288 (28.9%)	3131 (30.8%)

男女比ほぼ1:1

53歳

BMI 27程度

身体的負荷
あり職業歴

SpA既往

妊娠・出産歴

]

MRI所見

結果2：BMEと関連因子

□ BME: 片側の場合には右側に偏っている

	専門家読影	AI読影	p
BMEの頻度	28.9% (288/998)	30.8% (3,131/10,165)	0.23
BMEの平均容積	0.9cm ³ (1.6SD)	0.9cm ³ (1.2SD)	0.26

□ 性別ごとの解析

- 女性は男性より**BME**の頻度が高い.：[専] 32.3% vs 25.9%, [AI] 33.9% vs 27.8%
- 平均**BME**容積は男性で0.79cm³ (1.19SD), 女性で0.98cm³ (1.26SD)
- 妊娠歴のある女性では産褥1年以内が**BME**容積が最も高く, 以後は同様の容積.

結果3：BMEと関連因子

□ 年齢との関連

- BMEの有病率は年齢とともに増加：[20-30歳] 20.6% (117/567), [≥ 70 歳] 38.9% (107/275)

□ BMIとの関連

- BMEの頻度：[≥ 25] 34.5% (2,361/6,843), [< 25] 24.4% (1,050/4,302)
- BMEの平均容積：[≥ 25] 0.99cm³ (1.34SD), [< 25] 0.71cm³ (1.0SD)

□ 慢性腰痛との関連

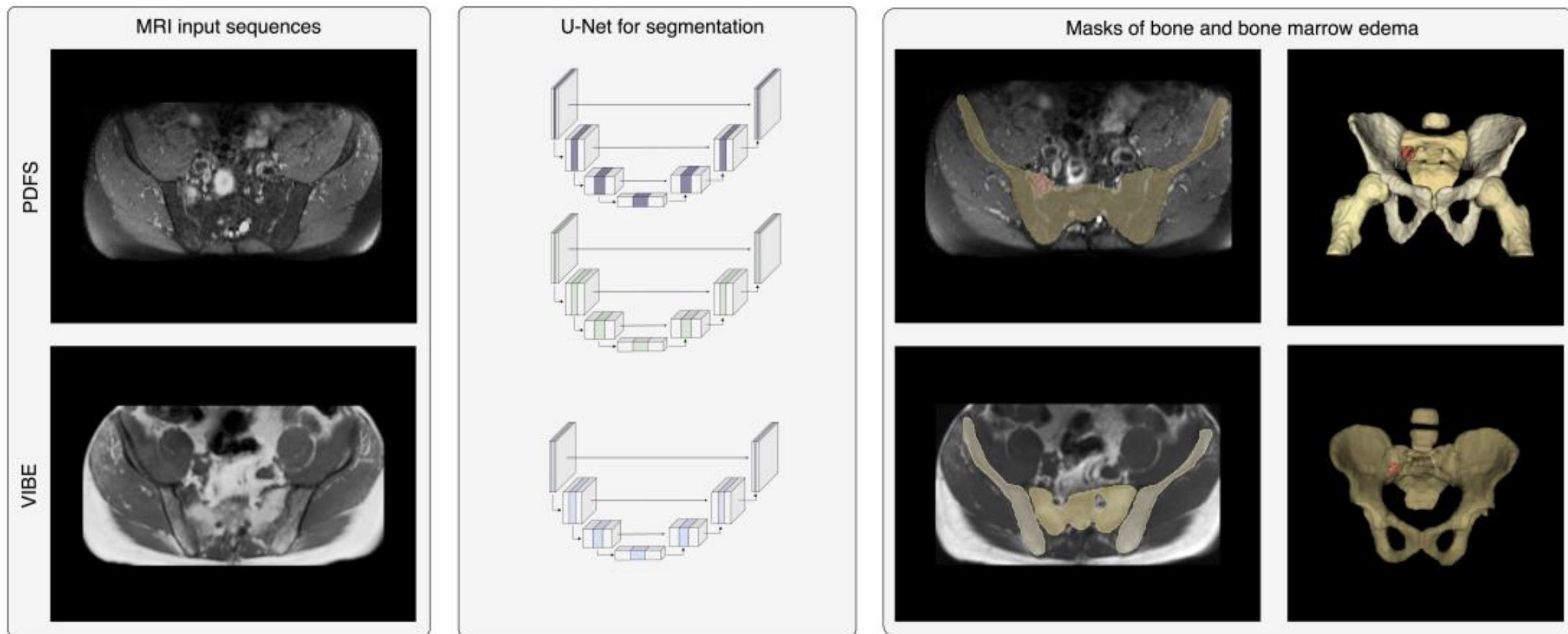
- BME：[慢性腰痛あり] 34.1% (549/1,611), [なし] 30.1% (2,866/9,522)
- BMEの平均容積：[あり] 0.97cm³ (1.44SD), [なし] 0.87cm³ (1.19SD)

結果4：AI解析の性能評価

□ AIは骨髄浮腫の検出において優れた性能（専門家との一致度が高い）を示した。

平均Dice 類似度 0.79

検出の例



結果5：多変量解析の結果 (BMEの頻度)

	専門家読影 BMEの頻度	AI読影 BMEの頻度
全体		
Female sex (vs male)	1.43 (1.09-1.89)	1.33 (1.23-1.45)
Age, per 10-year increase	1.28 (1.14-1.46)	1.21 (1.17-1.26)
BMI, ≥25 kg/m ² vs <25 kg/m ²	1.34 (0.98-1.84)	1.62 (1.47-1.79)
Occupational physical activity (yes vs no)	1.28 (0.96-1.72)	1.25 (1.14-1.36)
Intensive physical activity (yes vs no)	0.96 (0.71-1.30)	1.06 (0.97-1.16)
女性		
Age, per 10-year increase	1.23 (1.04-1.46)	1.16 (1.11-1.23)
BMI, ≥25 kg/m ² vs <25 kg/m ²	1.33 (0.87-2.04)	1.82 (1.60-2.07)
Occupational physical activity (yes vs no)	<u>1.20 (0.78-1.84)</u>	<u>1.15 (1.02-1.31)</u>
Intensive physical activity (yes vs no)	<u>0.99 (0.64-1.52)</u>	<u>0.95 (0.83-1.07)</u>
Pregnancy ever (yes vs no)	1.18 (0.70-2.02)	1.43 (1.21-1.70)
Pregnancy in the last 12 months (yes vs no)	NA	2.90 (1.67-5.06)
男性		
Age, per 10-year increase	1.35 (1.13-1.63)	1.28 (1.21-1.35)
BMI, ≥25 kg/m ² vs <25 kg/m ²	1.44 (0.88-2.41)	1.42 (1.23-1.65)
Occupational physical activity (yes vs no)	<u>1.41 (0.93-2.14)</u>	<u>1.34 (1.18-1.53)</u>
Intensive physical activity (yes vs no)	<u>1.06 (0.69-1.65)</u>	<u>1.24 (1.08-1.42)</u>

職業上の身体活動：影響あり
性別に関係なく影響がある

高強度の身体活動：影響なし
ただし、男性では影響があるかも

妊娠はBME頻度に影響を与える
過去12ヶ月の妊娠に絞ると
OR 2.90 (95%CI 1.67-5.06)

結果6：多変量解析の結果 (BMEの容積)

専門家読影 BMEの容積	AI読影 BMEの容積
-----------------	----------------

全体		
Female sex (vs male)	0.09 (-0.12 to 0.29)	0.20 (0.16 to 0.25)
Age, per 10-year increase	0.03 (-0.05 to 0.12)	0.09 (0.07 to 0.11)
BMI, ≥25 kg/m² vs <25 kg/m²	0.31 (0.08 to 0.54)	0.29 (0.23 to 0.34)
Occupational physical activity (yes vs no)	0.21 (0.00 to 0.43)	0.10 (0.06 to 0.15)
Intensive physical activity (yes vs no)	0.02 (-0.20 to 0.24)	0.03 (-0.01 to 0.08)
女性		
Age, per 10-year increase	0.09 (0.00 to 0.18)	0.08 (0.05 to 0.11)
BMI, ≥25 kg/m² vs <25 kg/m²	0.41 (0.19 to 0.63)	0.40 (0.33 to 0.48)
Occupational physical activity (yes vs no)	0.35 (0.12 to 0.57)	0.07 (0.00 to 0.15)
Intensive physical activity (yes vs no)	0.09 (-0.14 to 0.32)	-0.05 (-0.12 to 0.02)
Pregnancy ever (yes vs no)	0.03 (-0.25 to 0.31)	0.15 (0.06 to 0.25)
Pregnancy in the last 12 months (yes vs no)	NA*	0.65 (0.31 to 1.00)
男性		
Age, per 10-year increase	-0.02 (-0.17 to 0.12)	0.11 (0.08 to 0.13)
BMI, ≥25 kg/m² vs <25 kg/m²	0.19 (-0.22 to 0.59)	0.17 (0.10 to 0.23)
Occupational physical activity (yes vs no)	0.16 (-0.19 to 0.52)	0.13 (0.06 to 0.19)
Intensive physical activity (yes vs no)	-0.04 (-0.41 to 0.32)	0.13 (0.07 to 0.19)

BMI≥25はBME容積増大に影響
女性 > 男性で影響が大きい

全体ではそれほど強くない
過去12か月の妊娠が大きい影響

男性では影響があるが強くない

*β (-1≤β≤1, |β|が1に近くなるほど効果量が大い) , logistic regression

※ スペースの都合上単変量解析は割愛

考察1：本研究の結果のまとめ

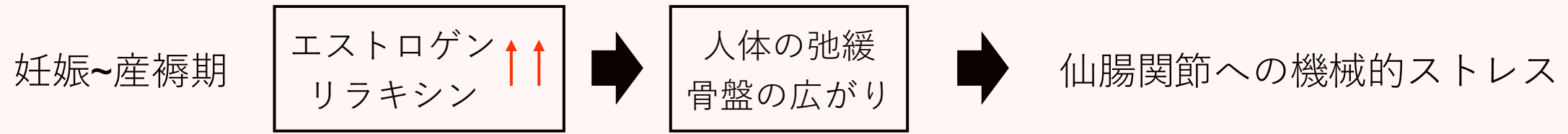
- 本コホートではMRI撮像者の**1/3に検出可能なBME**を認めた.
 - 既存小規模コホートではBME頻度は**10-20%**だったが, 大規模コホート(=集団の偏りが少ない)により 約30%にBMEが存在することを明らかにした.
 - 同コホートのSpA既往者 **0.6%**, ドイツのAS疫学データ **0.5%** → **50倍!**
 - BMEの殆どは炎症性関節炎ではない人に発生する可能性が高い.
- BMEに関連する因子を大規模コホートで同定した
 - 女性, BMI (修正可能な因子), 職業上の身体活動
 - 妊娠歴: **OR 1.43**, ただし12ヶ月以内に絞ると**OR 2.90**
 - 男性では特に加齢と高強度の身体活動によりBMEが増加.
- AIによる画像認識は専門家と高い一致度を示した.

Ann Rheum Dis. 2020 Feb;79(2):186-192.

Arthritis Rheumatol. 2022 Sep;74(9):1506-1514

考察2：BMOに関連する因子の考察

- 女性と妊娠：生体力学的なストレスとホルモンの影響を反映している



J Am Acad Orthop Surg. 2015 Sep;23(9):539-49.

AJR Am J Roentgenol. 2018 Dec;211(6):1306-1312.

- 男性と年齢/職業上の負荷：身体活動の蓄積により生じている
 - ・ 長期間反復して機械的な負荷がかかると、ストレス反応的に**BME**が生じる。
 - ・ アスリートに生じる**BME**は、負荷の軽減により**3-9**ヶ月以内に自然に消失する。

Medicina (Kaunas). 2021 Oct 22;57(11):1143.

考察3：本研究の限界

- 横断研究のため、今後この**BME**がどうなるかはわからない.
- **HLA-B27**や詳細な症状のデータは取得できていない（実際には未診断のSpAかもしれない）.
- **BME**の位置や、構造的変化の評価は画像の解像度による制約から評価していない.
- 専門家とAIの一致度は高い(平均Dice 類似度 0.79)ものの、とても高いわけではない.
 - ・ ただし、解析結果はほぼ同様で結果への影響は少ない. 外部検証は今後必要.
- **MRI**撮影時期と妊娠時期に関するデータがないため、産褥期に撮像されている参加者が多い可能性がある.
 - ・ ただし、コホートの平均年齢 (**51.9歳**)を考えると時間は経過していると推測される.
- ドイツ人のみ：**HLA-B27**陽性率はドイツ **9%**, 日本 **0.3%**
- 日本人よりBMIが高い(BMI 27)：日本人ではもう少し少ないかも.
- ASとしては年齢が高め(53歳)：**AS**の年齢層はもう少し頻度が低いかも.