

関節リウマチと脊椎関節症の画像診断

篠崎 健史

自治医科大学 放射線医学講座

Images of rheumatoid arthritis and spondyloarthropathy.

Takeshi Shinozaki

Jichi Medical University, School of Medicine, Dept. of Radiology

要旨

関節リウマチ (rheumatoid arthritis : RA) は、進行性の慢性滑膜炎を主体とする全身性慢性炎症性自己免疫疾患である。病変は皮膚や肺など全身臓器にみられ、症状やRA因子などの臨床所見も診断に重要となる。単純X線写真は骨関節病変の診断、経過観察に日常的に用いられており、軟部組織腫脹、骨侵食(エロージョン)、関節裂隙狭小化、関節周囲の骨粗鬆症などの形態的变化と、左右対称性、多発性などの罹患関節の分布評価に有用である。

最近のRA治療は、単純X線写真で骨・関節の所見が出現するよりも早期に診断し、抗リウマチ薬や生物学的製剤による治療を積極的に行うようになってきている。単純X線写真は進行したRAの所見を観察するには適しているが、骨・関節の変化が出現する以前の滑膜炎の活動性の評価や治療効果を観察するには限界がある。単純X線写真で異常所見として認識できない時期の滑膜炎や骨の変化を評価する方法として超音波検査やMRIの有用性が多く報告されるようになってきている。

RAに関連した炎症性関節炎には、歴史的には血清反応陰性脊椎関節症 (seronegative spondyloarthropathy) と呼ばれていた疾患群が含まれるが、これは現在、脊椎関節症 (spondyloarthropathy : SpA) としてまとめられている。SpAには強直性脊椎炎、乾癬性脊椎炎、Reiter症候群、腸炎に合併した関節炎が含まれる。RAとSpAの相違点は、RAが主に滑膜関節に限局しているのに対し、SpAは滑膜関節以外に軟骨結合や靱帯付着部、関節包も侵す。SpAとRAの最大の相違点は、SpAでは関節炎に骨形成性変化を伴うことで、骨浸食病変近傍の骨硬化性変化、靱帯付着部の骨化、骨性強直が起きることである。

本稿ではこれらの関節炎の特徴的な画像所見を呈示すると共に、RAの早期診断におけるMRIの有用性について解説する。

Summary

Rheumatoid arthritis (RA) is a symmetric, peripheral polyarthritis of unknown etiology that, untreated or if unresponsive to therapy, leads to deformity and destruction of joints through the erosion of cartilage and bone. RA has also many extraarticular manifestations, such as interstitial lung disease, vasculitis, and others, and symptoms and clinical findings of RA factor become important for diagnosis of RA. Conventional radiographs are used daily for the diagnosis and follow-up observation of

別刷請求先：〒329-0498 栃木県下野市薬師寺3311-1

自治医科大学 放射線医学講座 篠崎 健史

TEL : 0285-58-7362 FAX : 0285-44-4296

the bone and joint changes, and are used for evaluation of the distribution, symmetry, erosion and so on. Characteristic radiographic findings are symmetric polyarticular involvement of the synovial joint, especially in the proximal interphalangeal and metacarpophalangeal joints of the hand and the wrist.

The treatment of RA has been changing over the last decade, because a consistent trend of declining rates of progression of radiographic damage seen in the patients treated early in the course of RA is suggestive that early treatment given biological agent and so on is beneficial. So the necessity of the diagnosis at an early in the course of RA has been emphasized. Conventional radiographs are not suitable for early arthritic changes, such as periarticular osteoporosis or bony erosion. MRI is effective in diagnosing at the early stage, determining prognosis, and evaluating treatment effect of the synovial inflammation.

The spondyloarthropathy (SpA) now thought to be a disease group that was called seronegative spondyloarthropathy is mimicking RA. SpA include ankylosing spondylitis, psoriatic arthritis, Reiter's syndrome, and enteropathic arthropathies. In SpA, synovial joint involvement is characterized by the absence of osteoporosis and the presence of soft tissue swelling, joint space abnormality, osseous erosion, and bony proliferation.

In this article, the author describes radiographic findings of RA and SpA, and discusses the effectiveness of MR imaging for diagnosing early in the course of RA.

Key words

rheumatoid arthritis, spondyloarthropathy, ankylosing spondylitis, psoriatic arthritis, Reiter's syndrome

はじめに

骨関節疾患、特に関節炎の単純X線所見の取り方の基本は、ForresterのABC'Sという考えに片山仁先生の考えを加えたABCD'Sという読影手順がある。A：alignmentは、関節の配列で、亜脱臼や偏位をみる。B：bone mineralizationは、関節周囲の骨濃度が高いか低いかをみる。C：(articular) cartilageは関節裂隙のことであり、これが狭いか、広い、関節面の骨に侵食像があるかなどを確認する。D：distributionは、異常な関節がどこにあるかで、S：soft tissueが、軟部組織腫脹があるかどうか、あるとすると対称性か非対称性か、の点を確認していく方法である。これらの観察点を確認することで、関節炎の鑑別診断が単純写真でも可能となる。本稿でもこの読影方法に沿って所見の解説を行なう。

1. 関節リウマチ(rheumatoid arthritis; RA)

RAは、進行性の慢性滑膜炎を主体とする全身性慢性炎症性自己免疫疾患である。病変は骨・関節、筋肉、皮膚や肺などの多臓器にみられ、画像診断の

ほか症状やRA因子などの臨床所見が重要となる。臨床的には、20～30歳代の女性に好発し、日本の罹患患者数は約30万人とも60万人ともいわれる。単純X線写真は特に骨・関節病変の診断と経過観察に日常的に用いられており、軟部組織腫脹、骨侵食(エロージョン)、関節裂隙狭小化、関節周囲の骨萎縮などの形態的变化と、左右対称性、多発性などの分布の評価に有用である¹⁾。

・RA関節の病態

RAにおける関節病変の主な病理学的変化は慢性炎症による滑膜の増殖とこれに伴う軟骨と骨の破壊性変化である。正常の関節では、関節辺縁域の骨は軟骨によって覆われていないために、滑膜が直接骨に接するbare areaが存在する。このbare areaが最初に骨の変化をきたす部分となる。RAに罹患した滑膜は自ら産生したサイトカインにより活性化され、乳頭状に増殖する。乳頭状増殖を生じた炎症性滑膜(パンヌス)が、RA病変の首座となる。さらに産生された細胞障害因子が関節面の軟骨やbare areaの

骨の侵食を生じる。このとき滑膜表層では充血、浮腫、フィブリン析出などが観察される。フィブリン塊は関節内で米粒体 (rice body) となることがある。腱鞘滑膜にも関節滑膜と同様の炎症過程がみられる。炎症がさらに進行、波及すると関節包や腱などの支持組織、軟骨下骨にもパンヌスが進展し、靱帯の緩みや変形なども生じるようになる^{1) 2)}。

・RAの単純X線所見

1) 関節周囲の軟部組織の紡錘状腫脹

RAの最も初期の単純写真所見である。滑膜および関節周囲の軟部組織の炎症性変化に伴う関節液の貯留により、軟部組織が対称性、紡錘状に腫脹した状態である。後述する関節裂隙の狭小化は特徴的所見であるが、滑膜炎の急性期では、関節腔内の液体貯留により関節裂隙が開大してみえることもある(図1a)。

この紡錘状の腫脹は、手指関節で多くみられ、左右対称性の近位指節間関節 (proximal interphalangeal; PIP) や中手指節間関節 (metacarpophalangeal; MCP) の腫脹は典型的である。遠位指節間関節 (distal interphalangeal; DIP) にもみられることはあるが、変形性関節症合併例も多いため、まずPIPやMCP関節の所見を優先すべきとされる^{1) 2)}。

2) 関節周囲の骨粗鬆症 (periarticular osteoporosis)

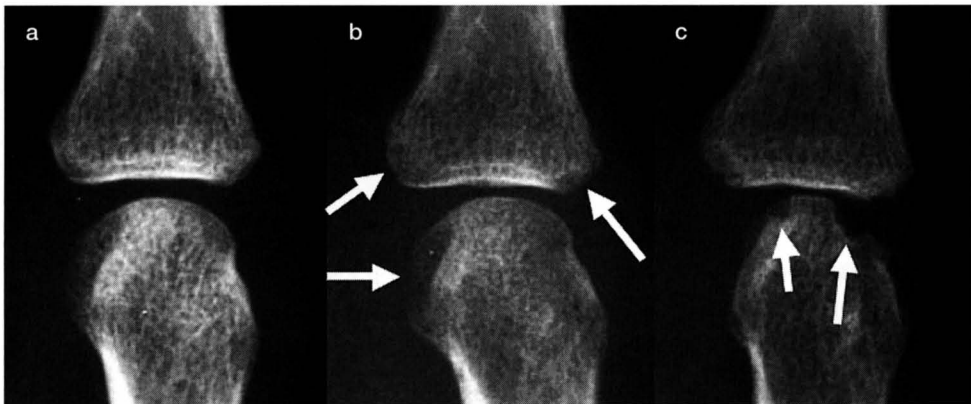
炎症に伴う局所血流量増加により、骨の吸収が生じると、関節周囲の骨濃度は減少する。これも軟部組織の紡錘状腫脹と同様に、炎症の生じている骨・関節の初期の画像所見として認められることが多い¹⁾。

3) 関節辺縁部の骨侵食

骨侵食は関節の骨辺縁部bare areaへのパンヌス進展による変化である(図1b)。関節を形成する骨辺縁は、RAの骨変化が最初にみられることが多い部位であり、辺縁部侵食 (marginal erosion) ともいわれる¹⁾。

4) 関節裂隙の狭小化

パンヌスが関節軟骨に進展することで生じ、関節軟骨はパンヌスに進展により菲薄化する。変形性関節症は荷重部に優位で不均等な関節腔の狭小化を呈するのに対し、RAでは均等な関節裂隙狭小化が特徴的である。さらにパンヌスの進展が軟骨下に進行すると、軟骨下骨の侵食も認められるようになる(図1c)。炎症に伴う関節液貯留や軟部組織の腫脹で関節内圧が亢進すると、軟骨下骨に嚢胞形成が生じることもある。これは亢進した関節内圧を下げるためと推測されている^{1) 2)}。



a | b | c

図1. 関節リウマチ (RA) 指関節の単純X線写真

RA患者のMCP関節の経時的変化。

a: 早期所見である関節裂隙の開大がみられるのみで、骨自体には異常はみられない。

b: 関節周囲の骨粗鬆症が出現し、bare areaの骨侵食がみられる (矢印)。

c: 関節周囲の骨粗鬆症はさらに進行し、軟骨下骨の骨侵食 (矢印) も認められる。

5) 関節の破壊、変形

bare areaから始まり、軟骨下骨の破壊まで生じた関節面の骨は様々な変形を生じるようになる。また炎症性変化による関節包や靭帯の弛緩、関節周囲の筋肉の拘縮などにより偏位や亜脱臼、脱臼所見が出現する。

手ではPIP関節の指伸筋と屈筋の拮抗作用によりスワンネック変形(図2)、ボタン穴変形(図3)をきたす。スワンネック変形はMCP屈曲、PIP過伸展、DIP屈曲で、ボタン穴変形はMCP過伸展、PIP屈曲、DIP過伸展となる。MCP関節では掌側脱臼と尺側偏位が特徴的所見である。

足では中足趾骨間関節(metatarsophalangeal joint; MTP joint)の変形が多く、屈筋腱障害により、かぎ爪様変形や外反母趾がみられる^{1) 2)}。

股関節のような大きな荷重関節では、進行すると大腿骨頭陥入像(protrusio acetabuli)をきたす。

脊椎では環軸椎に変化が生じることが多い¹⁾。軸椎の歯状突起と環椎の横靭帯の間に滑膜関節が存在するためである。歯状突起周囲に形成されたパンヌスが歯状突起の骨侵食を生じ、環椎横靭帯への炎症の波及により横靭帯の弛緩が起こり、環軸椎の亜脱臼が生じる。特徴的な環軸椎側面像での環軸椎間距離(歯状突起前面と環椎前弓後面の距離)が成人で3mm以上の場合には環軸椎亜脱臼(atlantoaxial subluxation)と診断される。歯状突起の頭側偏位もみられ(vertical subluxation)、脳幹障害や高位頸髄障害などの原因となる^{1) 2)}。

6) 関節の強直

パンヌスの進展による軟骨の菲薄化や骨の破壊が進行すると、最終的には骨性の癒合すなわち関節の強直が生じる。

・RAのMRI検査

単純X線所見で特徴的な所見が観察できればRAの診断や、変形の進行度などを容易に比較することが可能である。しかし、これまでの疼痛の緩和、関節機能維持、日常生活活動の改善を目標としてきた治療戦略が、メトトレキサートの普及、作用効果の研究や生物学的製剤の開発・導入により、大きな変革の時期を迎えている。つまりRAを早期に診断し、抗リウマチ薬や生物学的製剤を用いた早期治療を開始することで、関節の破壊の進行を阻止も



図2. RA 手の単純X線写真：スワンネック変形
MCP屈曲、PIP過伸展、DIP屈曲で生じる。



図3. RA 手の単純X線写真：ボタン穴変形
MCP過伸展、PIP屈曲、DIP過伸展で生じる。

しくは破壊された関節を修復することが可能になってきている^{3)~6)}。この観点から、RAを早期に診断する基準の必要性が認識されてきている。骨侵食像の検出能が低い単純X線検査を診断基準とするのでは早期診断は困難で、治療効果判定や再燃時の評価にも対応することが不十分である。これに対してMRI



図4. RA

- a : 単純X線写真：中指と小指の中手骨骨頭に骨侵食が認められる(矢印)。また手根骨間関節腔が全体的に狭小化し、関節周囲の骨粗鬆症も認められる。
- b : MRI ガドリニウム造影後脂肪抑制T1強調像：活動性の滑膜炎が増強効果を呈し、白く描出されている。単純X線写真では指摘が困難な、骨侵食を起こす前の示指MCP関節滑膜炎の活動性も描出される(矢印)。

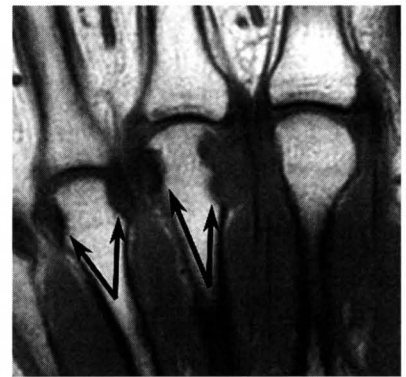


図5. RA

MRI T1強調像：中指、環指の中手骨骨頭の皮質の断裂が、周囲の低信号の途絶として認められる。また骨髓内や関節周囲の低信号域は肥厚した滑膜炎の進展を、骨髓内の低信号は骨髓浮腫もみていると考えられる(矢印)。

は軟部組織のコントラスト分解能が高く、ガドリニウム造影剤により活動性の滑膜炎が増強効果を呈することから、積極的に手・手関節の早期診断の手段として用いられるようになってきている^{4) 7)} (図4)。MRIでは活動性滑膜炎のほかにも、T2強調像や脂肪抑制T2強調像で軟部組織の腫脹や、関節腔の液体貯留、骨髓浮腫を、T1強調像で正常骨皮質の断裂すなわち単純X線写真では確認できない骨侵食像を描出することが可能である(図5)。これらは非特異的所見であるため、他の関節炎疾患との鑑別は容易ではなく⁸⁾、血液生化学データなどとの相関などの課題も残っている。陰性予測値は高く、MRIが正常な場合は薬物治療開始を見送る客観的な情報となり得たり^{3) 4)}、治療開始後の滑膜炎の増強効果の範囲や程度から、薬剤反応群と非反応群との区別が可能であるという報告もある^{3) 4)}。また超音波検査の有用性についても報告が多くみられる⁹⁾。

2. 脊椎関節症(spondyloarthropathy : SpA)

RAに類似する所見を呈し、鑑別を要する疾患群であり、歴史的にはrheumatoid variant、あるいは血清反応陰性脊椎関節炎(seronegative spondyloarthropathy)と称されていたものである。SpAには現在、強直性脊椎炎(ankylosing spondylitis ; AS)、乾癬性関節炎(psoriatic arthritis ; PsA)、Reiter症候群(反応性関節炎reactive arthritis)、および炎症性腸疾患に合併した関節炎(enteropathic arthropathy)の4疾患が含まれる。

SpAがRAと異なる臨床的事実は、リウマチ因子が陰性であることと、HLA-B27が高頻度に陽性であることである。強直性脊椎炎では約90%、乾癬性関節炎では約20%、Reiter症候群で約70%にHLA-B27が陽性といわれている¹⁾。

・SpAの病態

RAとの病態の違いは、主として滑膜関節および二次性に腱鞘や滑液包が侵されるRAに対して、SpAでは滑膜関節に加えて、線維・軟骨結合や、腱靱帯付着部（enthesis）の炎症（腱靱帯付着部症：enthesopathy）がみられるのが特徴である。線維・軟骨結合には椎間板椎体接合、恥骨結合、胸骨柄結合などがあり、腱靱帯付着部症の好発部位には骨盤、大腿骨、踵骨、上腕骨や膝蓋骨の周囲などがあげられる^{1) 10) 11)}。特にSpAでは脊椎に特徴的な変化が生じる^{1) 10)}。

この腱靱帯付着部に生じた炎症が、周囲の滑膜や靱帯、腱鞘、滑液包、軟骨、骨などに波及するため二次的に滑膜の炎症を引き起こすと考える説もある^{11) 12)}。

さらにRAとの放射線学的な相違点として、関節炎部位に骨形成性変化、腱靱帯付着部の骨化、骨膜骨化、骨性強直などの骨増殖性変化がRAよりも高頻度に見られることである。逆にRAでは高頻度に見られる関節周囲骨粗鬆症や亜脱臼などは、あまり見られない。

・SpAの各疾患の単純X線所見

1) 強直性脊椎炎（ankylosing spondylitis：AS）

ASは15～35歳の男性に好発し、緩徐な背部痛（70～80%）や関節のこわばり、末梢関節痛（10～20%）で発症する。背部痛は初発病変として必発である仙腸関節炎と胸腰椎病変が原因である^{1) 10)}。

仙腸関節炎は両側性、かつ対称性に生じ、単純X線所見は早期に、腸骨仙腸関節面の腸骨側に骨侵食がみられる。骨侵食が進行すると仙腸関節裂隙は見かけ上開大し、次第に骨形成が生じ、最終的に骨性強直を呈する。

胸腰椎病変の初発病変は椎体前縁の炎症による骨侵食で、小さな欠損像としてみられ、Romanus lesionとよばれる（図6）。椎体の辺縁には反応性の骨硬化像（shiny corner）を伴う。Romanus lesionにより椎体の角がとれて、単純写真側面像で辺縁が直線的にみえる状態を方形化（squaring）という。これに続いて、線維輪と前縦靱帯および周囲の軟部組織に骨化が起こる。これを靱帯骨棘（syndesmophyte）とよぶ。ASの靱帯骨棘は、他のSpAよりも比較的薄く対称性であり、進行すると

椎体辺縁に沿って直線的に連続する硬化像としてみられるようになり、最終的にbamboo spineとよばれる形態を呈する^{1) 10)}（図7）。

2) 乾癬性関節炎（psoriatic arthritis：PsA）

PsAは乾癬患者の2～6%にみられるといわれ、皮膚や爪病変のみられる指の関節に多くみられる。また20～30%で皮膚病変に先行して関節炎が現れる

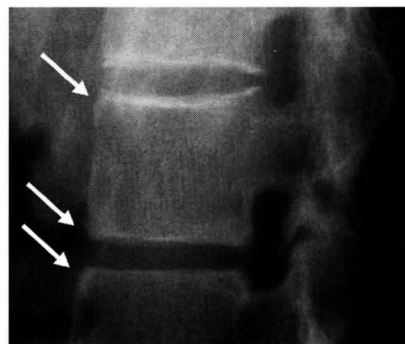


図6. 強直性脊椎炎 Romanus lesion

単純X線写真側面像

椎体前縁の角に小さな骨侵食を認める（矢印）。椎体の形態は方形化（squaring phenomenon）している。

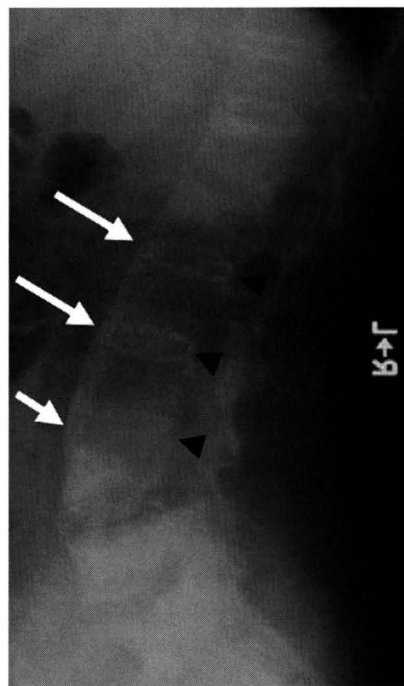


図7. 強直性脊椎炎 腰椎単純X線写真側面像

椎体前縁に沿って連続する骨化像がみられる。正面像ではbamboo spineとして認められる。線維輪の癒合（矢印）と椎間板の石灰化（黒矢頭）もみられる。椎体は骨粗鬆症や骨硬化像を呈するものが混在する。

ことがあり、画像所見を理解しておくことは重要と思われる^{1) 10) 13)}。

関節病変はASよりも非対称性分布が多い点異なる。また手足の指の関節が好発である点もASと異なる。指の関節炎は、主にDIPとPIP関節を侵す病型、単一の指列を侵す病型(ray-appearance)、RAと区別ができない病型の3つがある。ray-appearance



図8. 乾癬性関節炎 手指末節骨単純X線写真
先端部 tuft の骨吸収化と、中節骨遠位部が広がった末節骨底部に食い込むような形状(pencil-in-cup)を呈する。



図9. 乾癬性関節炎 手の単純X線写真
すべてのDIP 関節に骨侵食、骨変形がみられる。また指骨中手骨間関節にも侵食像がみられ、手関節の手根骨間隙も全体的に狭い。しかしRAでみられる関節周囲の骨粗鬆症は認められない。

とは炎症が末節骨から基節骨の関節と腱鞘に沿って指全体におよび、指全体が腫脹することで、ソーセージ指(sausage digit)ともよばれる^{1) 13)}。DIPとPIP関節を侵す病型では、RAと分布が異なる以外に関節周囲の骨粗鬆症がない点が特徴的である(図8)。関節では骨侵食と関節裂隙の狭小化がみられるとともに、反応性骨形成が生じるため、関節周囲骨の骨辺縁は刷毛状にみえる。また骨硬化像が突出した形状はwhiskeringともいわれる。近位の指節骨遠位端が先細り、広がった遠位指節骨に食い込むような形態をpencil-in-cupとよぶ(図9)。末節骨頭部のtuftの骨吸収や骨破壊もみられることがある^{1) 10)}。またPsAの仙腸関節炎は10~25%に生じるとされているが、ASと比べると骨侵食と反応性骨硬化の頻度は高いとされるが、骨性強直は少なく、非対称性の例も比較的多い。

脊椎病変は靱帯骨棘とよばれる、脊椎周囲結合組織の骨化が特徴的である。胸椎下部から腰椎に好発し、椎体から少し離れた部位の骨化像であり、非対称性である点がASと異なる^{1) 10) 13)}(図10)。

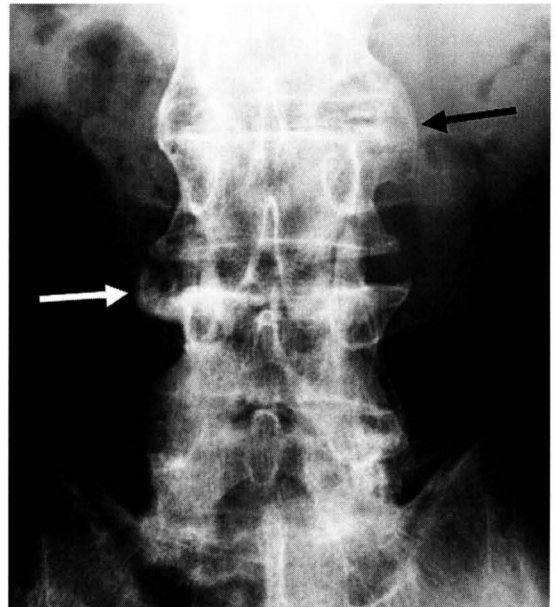


図10. 乾癬性関節炎 腰椎単純X線写真
椎体と離れた部分に非対称性の骨化(paravertebral ossification)を認める(矢印)。

3) Reiter症候群(反応性関節炎 reactive arthritis)

尿道炎・関節炎・結膜炎を3徴とし、男性に圧倒的に多い疾患群であるが、SpAの中で最も頻度が少なく、3徴がそろった症例も30%以下といわれている。日本では非常に稀である。

病変は脊椎、仙腸関節、恥骨結合にもみられるが、特に足趾や踵骨に多いのが特徴である。逆に手指の関節が侵されることはまれである。

画像所見は手指関節と同様で、母指の指節間関節や指節中足骨間関節が侵されやすい。やはりRAでみられる関節周囲の骨粗鬆症がみられる頻度は少ない。踵骨ではアキレス腱付着部や足底筋膜付着部に腱鞘付着部症と反応性骨硬化が生じる^{1) 10)}。

4) 炎症性腸疾患に合併した関節炎 (enteropathic arthropathy)

潰瘍性大腸炎、クローン病、ウィップル病 (Whipple disease) 患者で、四肢末梢にRA様の関節炎所見や、強直性脊椎炎と同様の仙腸関節炎や脊椎病変がみられる。腸疾患に先行した関節症状が10~15%でみられるともいわれている^{1) 10)}。

おわりに

RAとSpAについての病態学的特徴と画像所見について概説した。骨・関節病変が進行した症例では、単純X線写真の特徴的な所見や病変分布を観察することで診断は可能なことがあるが、最近の治療変革により早期診断の必要性が認識されてきている。客観的な滑膜の炎症の判定には、MRIは有効な検査法の1つであり、さらなるデータの蓄積と、臨床データとの相関性などの解析が必要と思われる。

(本文内容は第36回断層映像研究会 (平成19年10月12日 東京)にて発表した。)

参考文献

1. Resnick D, Niwayama G: Rheumatoid arthritis and related diseases. In Resnick D, Niwayama G (eds); *Diagnosis of bone and joint disorders*. 3rd ed, WB Saunders, Philadelphia, p805-1161, 1994.
2. Gordon DA, Hastings DE: Rheumatoid arthritis. Clinical features: early, progressive and late disease. In Klippel JH, Dieppe PA (eds); *Rheumatology*, 2nd ed. Mosby, St. Louis, p5.3.1-5.3.11, 1998.
3. 杉本英治: 画像診断の進歩-MRIを中心に-: 関節リウマチー最新の知見とリハビリテーション. 総合リハビリテーション 32巻8号, p717-722, 2004年.
4. Sugimoto H, Tkeda A, Hyodoh K: Early-stage rheumatoid arthritis; Prospective study of the effectiveness imaging for diagnosis. *Radiology*, 216:569-575, 2000.
5. 江口勝美: 関節リウマチの早期診断ーいかに早期から診断するか? 内科99巻4号, p587-594, 2007年
6. Yazic Y, Abramson SB: Rheumatoid arthritis treatment and monitoring of outcomes-where are we in 2007? controversies and opportunities. *Bull NYC Hosp Jt Dis*, 65: 300-305, 2007.
7. Dohn UM, Ejbjerg BJ, Hasselquist M, et al: Rheumatoid arthritis bone erosion volumes on CT and MRI: reliability and correlations with erosion scores on CT, MRI and radiography. *Ann Rheum Dis* 66:1388-1392, 2007.
8. Bounty N, Hachulla E, Flipo RM, et al: MR imaging findings in hands in early rheumatoid arthritis: comparison with those in systemic lupus erythematosus and primary Sjogren syndrome. *Radiology* 236: 593-600, 2005.

9. Keen HI, Brown AK, Wakefield RJ, et al: MRI and musculoskeletal ultrasonography as diagnostic tools in early arthritis. *Rheum Dis Clin North Am* 31: 699-714, 2005.
10. El-Khoury GY, Kathol MH, Brandser EA: Seronegative spondyloarthropathies. *Radiol Clin North Am* 34:343-357, 1996.
11. Resnick D, Niwayama G: Entheses and enthesopathy. Anatomical, pathological, and radiological correlation. *Radiology* 146:1-9, 1983.
12. McGonagle D, Gibbon W, Emery P : Classification of inflammatory arthritis by enthesitis. *Lancet* 352:1137-1140, 1998.
13. Ory PA, Goldman DD, Mease PJ : Psoriatic arthritis and imaging. *Ann Rheum Dis* 64: ii55-ii57, 2005.

ダウンロードされた論文は私的利用のみが許諾されています。公衆への再配布については下記をご覧ください。

複写をご希望の方へ

断層映像研究会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター（(社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。

直接、断層映像研究会へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.

Please visit the following URL for the countries and regions in which JAACC has concluded bilateral agreements.

<http://www.jaacc.org/>

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAACC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAACC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly.

JAACC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAACC)

Address 9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan

E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619