

# 荷重位X線撮影法の違いによる 変形性膝関節症の関節裂隙評価

Radiological assessment of joint space width using different weight-bearing radiographic methods for knee osteoarthritis

山口 雅則<sup>1)</sup>, 小関 弘展<sup>2)</sup>, 円口 浩成<sup>1)</sup>, 岩永 斉<sup>3)</sup>, 久間 隼太<sup>1)</sup>, 進藤 裕幸<sup>3)</sup>

1) 医療法人和仁会和仁会病院 画像診断部 診療放射線技師

2) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 医療科学専攻 運動障害リハビリテーション学分野 医師

3) 医療法人和仁会和仁会病院 整形外科 医師

**Key words:** knee, osteoarthritis, radiography, joint space

## 【Summary】

We compared three methods (standing with knee extension method, SynaFlexer method, and modified Rosenberg method) of measuring the plateau gap and joint space width using the bilateral weight-bearing plain radiographs of 17 knee osteoarthritis patients (32 knee joints). The maximum value of the plateau gap of the medial knee joint with each method was 5.8 mm, 3.9 mm, and 2.9 mm, respectively, whereas the minimum value of the joint space width was 4.6 mm, 3.6 mm, and 3.1 mm, respectively. With the SynaFlexer method and the modified Rosenberg method, the X-ray beam can pass parallel to the medial tibial plateau, and the area with the most thinning of femoral condylar cartilage can be observed. Therefore, we believe that the SynaFlexer and modified Rosenberg methods are useful for diagnosing early osteoarthritis and for the assessment of disease severity.

## 【要旨】

内側型変形性膝関節症患者17例、32関節（男性5例、女性12例）の両下肢荷重膝関節正面像におけるplateau gap最大値と関節裂隙幅最小値を計測し、撮影法の違いによる関節裂隙について評価した。立位正面法、SynaFlexer法、Rosenberg変法のplateau gap値は、それぞれ平均5.8mm、3.9mm、2.9mm、関節裂隙幅は、それぞれ平均4.6mm、3.6mm、3.1mmであった。SynaFlexer法とRosenberg変法は、立位正面法よりもX線束が脛骨内側関節面と平行に入射し、大腿骨顆部軟骨の摩耗部分を描出できるため、変形性膝関節症の早期診断および重症度判定に有用である。

## はじめに

変形性膝関節症（Osteoarthritis：以下、OA）は、「関節軟骨の進行性的変性病変を主体とした骨の変形性変化」として定義され、関節軟骨の退行性変化と、二次性の骨・軟骨の増殖性変化を伴う非炎症性の慢性疾患である。本症は、関節の疼痛・可動域制限・変形・不安定感・歩行障害など多様な症状を引き起こし、病期進行に伴って徐々に罹患者の移動能力と日常生活動作を制限する。中高年の膝が痛む疾患の中では頻度が高く、その患者数は本邦だけでも約800万人、潜在的な患者数（X線診断による患者数）は約2,500万人に上ると推定されている<sup>1)</sup>。膝OAの診断および重症度

判定には、画像検査における正確な関節軟骨の厚みの計測が必須である。MRI検査は優れた軟骨描出能を有するが、広い設置スペースや設備が必要であり、患者の経済的負担が大きいこと、軟骨のみを強調する撮像条件の設定が煩雑で時間を要することを考慮すると、現段階ではOAのスクリーニング検査としては現実的とは言えない。一方、単純X線撮影装置は多くの施設に広く普及しており、検査が安価で短時間に行うことができる。また体内に金属がある患者や閉所恐怖症の患者にも検査できるだけでなく、膝OAの重症度分類の重要な評価基準である「関節軟骨の厚み」、すなわち「荷重位での関節裂隙幅」を描出することができる。膝OAの画像的重症度分類は、腰野の分類<sup>2)</sup>とKellgren and Lawrenceの分類<sup>3)</sup>が代表的であり、治療方針を決定する上で重要な指標となる。いずれの分類法においても、残された関節軟骨の厚みを反映する関節裂隙の幅（特に、内側型OAでは内側関節裂隙幅）を細かく厳密に計測して評価しなければならない。

大腿骨顆部軟骨の摩耗部位に関して、Rosenbergら<sup>4)</sup>は膝関節鏡視所見から30~60°屈曲した位置が最も軟骨摩耗が強いとし、Daviesら<sup>5)</sup>は屈曲30°、石坂ら<sup>6)</sup>は屈曲20°の位置と報告している。つまり膝OAの軟骨摩耗をより正確に捉えるには、膝関節を軽度屈

Masanori Yamaguchi<sup>1)</sup>, Hironobu Koseki<sup>2)</sup>,  
Kousei Enguchi<sup>1)</sup>, Hitoshi Iwanaga<sup>3)</sup>,  
Shunta Kyuma<sup>1)</sup>, Hiroyuki Shindo<sup>3)</sup>

- 1) Department of Radiology, Wajinkai Hospital
- 2) Department of Locomotive Rehabilitation Science, Unit of Rehabilitation sciences, Nagasaki University Graduate School of Biomedical Sciences
- 3) Department of Orthopedic Surgery, Wajinkai Hospital

曲して撮影するのが望ましいと言える。また脛骨近位内側関節面は正常でも矢状面において後方傾斜しているため、前後縁が一致した脛骨関節面をX線像で捉えることは難しく<sup>4,6)</sup>、実際には関節面の前後縁がそろっていない画像を用いて便宜的に関節裂隙幅を評価していることが多い。この場合、脛骨関節面の辺縁が不明瞭となるため、計測した値の信頼性と評価者間での再現性に疑問が残る。つまり膝OAの病期分類に不可欠な関節裂隙幅を正確に、そして高い再現性で評価するための単純X線像を得るためには、大腿骨顆部の最も軟骨摩耗が強い（関節裂隙幅が最小となる）部位を投影すること、X線束を脛骨関節面に平行に入射して脛骨関節面の前後縁を一致させることの2点が重要となる。

本研究では、異なる3通りの撮影法で得られた立位膝関節正面X線像を比較し、膝OAで軟骨の摩耗状態（関節裂隙幅）を最も的確に描出できる撮影法について検討することを目的とした。なお、本研究は医療法人和仁会和仁会病院倫理審査委員会の承認を得て行った。また対象者には研究の趣旨を十分に説明の上、書面により本人の了承を得た。

## 対象と方法

対象は、内側型変形性膝関節症17例、32関節（男性5例10関節、女性12例22関節）であり、年齢は55～84歳で平均64.7歳であった（Table 1）。全例、医用X線高電圧装置（KXO-80G、東芝メディカルシステムズ）を使って撮影し、CR（Computed Radiography）

Table 1 Physical characteristics of the patients

Age	64.7(55～84)
Hight (cm)	159.5(148～176)
Body weight (kg)	65.0(55～100.4)
BMI(Body Mass Index)(kg/m <sup>2</sup> )	25.5(19.7-32.4)

検出器（Regius model 190 V stage、コニカミノルタエムジー）で画像化した。撮影法は、両下肢立位正面撮影法（立位正面法）、肢位調整装置（SynaFlexer<sup>TM</sup>、Synarc, Inc.）を用いた撮影法（SynaFlexer法）、Rosenberg変法の3通りである。立位正面法は、両側の踵骨と第2趾が平行になる立位とし、膝関節を伸展した状態でX線束は正面から床と平行に入射した（Fig.1A）。SynaFlexer<sup>TM</sup>は、透明の強化アクリル樹脂でできた撮影肢位調整装置であり、患者が簡便に同じ姿勢を繰り返すことができる（Fig.1B）<sup>7,8)</sup>。この肢位調整装置は、足部を10°外旋させるように設計されており、膝と大腿部前面を前方の垂直板に密着させ、膝窩中央を入射点として後方から10°傾斜で打ち下ろして撮影した。Rosenberg変法の撮影肢位は原法<sup>4)</sup>と同じであるが、あらかじめ撮影した膝関節側面像から腓骨軸と脛骨関節面の角度を測定し、これを参考にして入射角度を10～20°の範囲で調整した（Fig.1C）。手技を標準化するために、撮影は統一した設定条件に沿って一人の診療放射線技師が行った。撮影条件は、管電圧50kV、管電流100mA、撮影時間0.1s、撮影距離

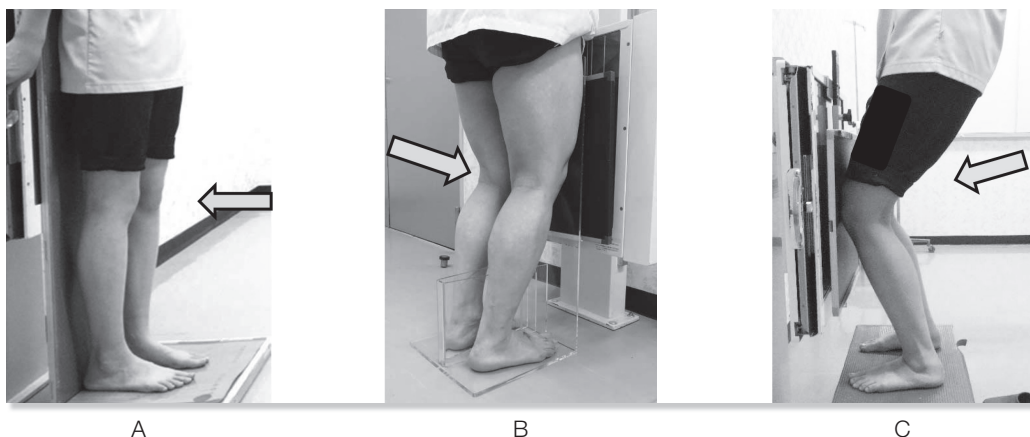


Fig.1 Radiographic methods

A: Standing with knee extension method B: SynaFlexer method C: Modified Rosenberg method  
The X-ray beam (arrow) was directed in an anteroposterior direction in the Standing with knee extension method, and in a posteroanterior direction in the SynaFlexer and Modified Rosenberg methods.

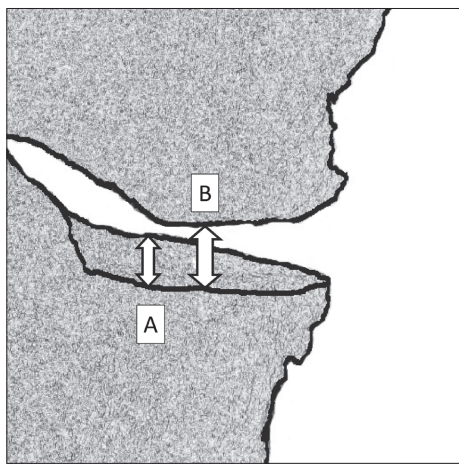


Fig.2 Method for measuring plateau gap and joint space width

A: Maximum value of plateau gap  
B: Minimum value of joint space width

Both measurements were made parallel to the tibial axis.

は1mとした。撮影時、患者をリラックスさせながら、両脚に均等に荷重させるように配慮した。DICOM画像に変換してモニター（L1750, HP Inc.）（サイズ：17inch, 解像度：1280×1024）に投影し、解析ソフト（POP-Net Essential ver. 4.2C, イメージワン）を用いて脛骨関節面の前縁と後縁の距離最大幅（plateau gap）、脛骨関節面の後縁と大腿骨内側顆部の距離の最小値（関節裂隙幅）を計測した（Fig.2）。各種計測は3人の異なる検者が個別に行い、その平均値を計測値とした。3種類の撮影法による計測値を集計し、一元配置分散分析法：ANOVAとTukey-Kramer法による多重比較検定によって統計学的評価を行った。有意

Table 2 Comparisons of the plateau gap and joint space width values with the three methods

		(mm)	Standing with knee extension method	SynaFlexer method	Modified Rosenberg method
plateau gap	medial		5.8±2.0	3.9±1.3*	2.9±1.5*
	lateral		3.0±2.0	2.0±1.4	1.8±1.2
Joint space width	medial		4.6±1.6	3.6±1.3*	3.1±1.5*
	lateral		5.6±1.8	5.1±1.4	5.6±2.1

\*: P<0.05 compared to the standing with knee extension method

水準はいずれも5%未満とした。

## 結果

各撮影法での計測値をTable 2に示す。脛骨内側関節面のplateau gap値は、SynaFlexer法とRosenberg変法が立位正面法よりも有意に低値であり（P<0.05）、Rosenberg変法は最も低値であった。なお、脛骨外側関節面のplateau gap値もSynaFlexer法で最も低く、立位正面法が最も高い値であったが3法間に有意差は認められなかった。内側関節裂隙幅は、plateau gapと同様にRosenberg変法で最も狭く、立位正面法で最も広く描出されていた（P<0.05）（Fig.3）。外側関節裂隙幅はSynaFlexer法で低くなる傾向が見られたが、統計学的有意差は認められなかった（ANOVA：P>0.05）。なお、全ての計測項目において、3人の検者間に統計学的有意差は認められなかった。



Fig.3 Representative X-rays of a 62-year-old woman taken using the three assessment methods

A: Standing with knee extension method (Medial plateau gap: 6.4 mm, Medial joint space width: 5.7 mm)  
B: SynaFlexer method (Medial plateau gap: 3.6 mm, Medial joint space width: 3.0 mm)  
C: Modified Rosenberg method (Medial plateau gap: 2.0 mm, Medial joint space width: 2.6 mm)

## 考 察

近年、高齢者の健康寿命延伸を目的として、下肢運動機能の維持・改善が重要な政策課題として挙げられている。特に、変形性膝関節症は下肢関節の変性疾患の中で最も頻度が高く、下肢運動機能低下と直結しているため、その予防や治療の重要性は高まっている。早期膝OAの診断や重症度分類を用いた病期進行の把握には、最も摩耗が強い部分の関節軟骨の厚み（関節裂隙幅が最小となる部分）を正確に評価する必要がある。しかし、通常、臨床で使用されている立位正面撮影法では大腿骨顆部軟骨の最摩耗部が描出されないため、重症度としては過小評価されてしまい、診断や治療に悪影響を与えかねない。さらに立位正面撮影法は脛骨の近位関節面と平行にX線束が入射しにくいという課題も指摘されており、的確な関節裂隙幅を把握するには膝屈曲位撮影（Rosenberg法）が有用とする報告も散見される<sup>4-6)</sup>。ただし、実際には膝に疼痛などの症状を抱えた高齢患者が、正確なRosenberg肢位を一定時間保持するのは困難なことが多く、脛骨近位内側関節面の後方傾斜と変形・破壊の程度には個人差があるため、関節面を平行に描出できないことも少なくない。

SynaFlexer<sup>TM</sup>は、Peterfyら<sup>9)</sup>の知見に基づいて作成された撮影肢位調整装置であり、患者は垂直板につま先と大腿部前面を密着させて体重を預けるのみである。そのため膝に疼痛や屈曲拘縮があっても簡便に肢位を保持することが可能であり、肢位の再現性も高い。一方、Rosenberg変法は筆者らが考案したもので、撮影肢位は原法と同じであるが、入射角度を腓骨軸と脛骨関節面の角度から微調整して撮影する。これにより、脛骨関節面を平行に描出する確率が向上する。本研究では、立位正面法、SynaFlexer法、Rosenberg変法の3通りで膝OA患者の立位膝関節正面X線像を撮影し、plateau gapと関節裂隙幅を計測した。過去に3法を比較して論じた報告は認められず、本研究の臨床的価値は決して低くない。

本研究の結果では、脛骨の外側関節面では3法間に

有意な差は認められなかった。これは、外側関節面が解剖学的に平坦で辺縁が丸みを帯びた構造であり、なおかつ内側型膝OAでは外側関節面の摩耗や変形が少ないことが理由として挙げられる。これに対して、内側関節面のplateau gapと関節裂隙幅は、SynaFlexer法とRosenberg変法で立位正面法よりも低値であったことから、関節軟骨が最も摩耗した部位を正確に捉えていると言える。さらにRosenberg変法で最も低くなる傾向を示したことは、より厳密な軟骨摩耗の評価に適した撮影法であると解釈できる。従って当院では、若年者で疼痛が軽度の早期OAを診断する場合にはRosenberg変法、中高齢者の疼痛がある中等度～重度の膝OAの病期進行評価には、SynaFlexer法での膝正面X線像を撮影する方針としている。

本研究では症例数が少ないため、年齢・性別、膝OAの病期の違いによる詳細な解析までは行っていない。ただし、超高齢社会を迎えている本邦では、すでに大勢の膝OA患者が存在し、今後も増加すると予測されている。さまざまな患者の状況に応じて多種多様な治療法の中から適切な方法を選択していくには、厳格な病態の評価が必要不可欠であることは言をまたない。またSynaFlexer法やRosenberg変法といった膝屈曲位撮影法によるX線画像評価は、治療前のみならず、さまざまな薬物療法や理学療法などの治療効果を判定する際にも活用できる可能性がある。

## まとめ

立位正面法、SynaFlexer法、Rosenberg変法で撮影した膝OA患者の膝関節正面X線像におけるplateau gap、内・外側関節裂隙幅を計測した。SynaFlexer法とRosenberg変法は、共に内側plateau gapと内側関節裂隙幅が立位正面撮影法よりも有意に低かったことから、軟骨摩耗を的確に評価できる方法として有用である。

本論文の内容は、第11回九州放射線医療技術学会で発表した。

## 表の説明

Table 1	患者の身体的特徴
Table 2	Plateau gapと関節裂隙幅 * : 立位正面法に対して有意差あり (P<0.05)

## 図の説明

- Fig.1 撮影法  
a : 立位正面法 b : SynaFlexer法  
c : Rosenberg変法  
X線束の入射方向 (⇒) は、立位正面法が前方から後方へ、SynaFlexer法とRosenberg変法が後方から前方へ向かう。
- Fig.2 計測法  
A : Plateau gap (最大値) B : 関節裂隙幅 (最小値)  
※両計測とも脛骨軸と平行とする。
- Fig.3 症例供覧 (62歳, 女性)  
A : 立位正面法 (plateau gap : 6.4mm, 裂隙幅 : 5.7mm)  
B : SynaFlexer法 (plateau gap : 3.6mm, 裂隙幅 : 3.0mm)  
C : Rosenberg変法 (plateau gap : 2.0mm, 裂隙幅 : 2.6mm)

## 参考文献

- 1) Yoshimura N, et al.: Prevalence of knee osteoarthritis, lumbar spondylosis, and osteoporosis in Japanese men and women: The Research on Osteoarthritis/osteoporosis Against Disability (ROAD) study. J Bone Miner Metab, 27, 620-628, 2009.
- 2) 腰野富久 : 膝診療マニュアル. 医歯薬出版, 2001.
- 3) Kellgren JH, Lawrence JS: Radiological assessment of osteo-arthritis. Ann Rheum Dis, 16, 494-502, 1957.
- 4) Rosenberg TD, et al.: The forty-five-degree postero-anterior flexion weight-bearing radiograph of the knee. J Bone Joint Surg Am, 70, 1479-1483, 1988.
- 5) Davies AP, et al.: Plain radiography in the degenerate knee. A case for change. J Bone Joint Surg Br, 81, 632-635, 1999.
- 6) 石坂直也, 他 : 変形性膝関節症の正面単純X線撮影時の至適膝屈曲角度の検討. 中部整災誌, 47, 1147-1148, 2004.
- 7) Charles HC, et al.: Optimization of the fixed-flexion knee radiograph, Osteoarthritis Cartilage, 15, 1221-1224, 2007.
- 8) Kothari M, et al.: Fixed-flexion radiography of the knee provides reproducible joint space width measurements in osteoarthritis. Eur Radiol, 14, 1568-1573, 2004.
- 9) Peterfy C, et al.: Comparison of fixed-flexion positioning with fluoroscopic semi-flexed positioning for quantifying radiographic joint-space width in the knee: test-retest reproducibility. Skeletal Radiol, 32, 128-132, 2003.