臨床技術

論文受付
2012年10月3日

論文受理
2013年8月2日

Code No. 112

膝関節側面撮影における 再撮影率減少を目的とした補助具の提案

安田 優¹ 佐藤久弥² 大澤三和¹ 高橋寛治¹
野田主税¹ 崔 昌五¹ 助崎文雄³ 中澤靖夫²

¹ 昭和大学病院放射線部

² 昭和大学大学院保健医療学研究科診療放射線領域

³ 昭和大学医学部整形外科教室

緒言

人体の中で最も大きい関節である膝関節は、回旋・転がり・すべりといった複雑な運動をするため、一生を通して障害を受けやすく、撮影頻度の高い関節の一つである¹⁾。膝関節の正面像では、大腿骨と脛骨の内外側の顆部、脛骨の内外側の高原と脛骨棘、関節の内外側部、腓骨小頭が評価できる。それに対し側面像では、膝蓋骨を側面からとらえ、大腿膝蓋領域、上膝蓋関節包、大腿四頭筋腱の評価が可能である^{2~4)}。

成書^{5~7)}によれば、膝関節側面像は側臥位で脛腓方向撮影を行う。膝関節部の外側をカセットにつけ、膝関節を内角120度になるように屈曲してわずかに外旋する。下腿の足方を7度上げる。X線中心は膝蓋骨下端と後方のくびれを結ぶ線の中心に垂直に入射する。当院においてもこの撮影法を取り入れており、その際に膝関節がカセットの中心になるようにし、下腿骨がカセット長

軸に平行になるようにレイアウトする。また、再撮影の基準は日本放射線技術学会 Quality Control プログラム⁸⁾(以下 QC プログラム)に基づき、内外顆のズレを7 mm 以内としている。

膝関節側面撮影は、大腿骨内外顆を体表から目視または触知するのが困難であるうえ、大腿骨内外顆の内外旋と内外転の2軸の補正を行う必要がある。そのため、個人の技術や経験・感覚に依存する点が多く、骨撮影領域でも難しい撮影法であるといえる。しかし、整形外科領域ではX線検査のみで確定診断やフォローアップをすることもあり、その画像は患者の治療に影響するため、撮影者が異なっても臨床画像上の診断能が一定となるような画像が要求される。

本研究は、本学医の倫理委員会の許可のもと、膝関節側面撮影における補助具を作成し、再撮影率減少の有用性を検討したので報告する。

Proposal for an Auxiliary Tool Designed to Reduce Retake Rates for Lateral Radiography of the Knee Joint

Yu Yasuda,^{1*} Hisaya Sato,² Miwa Ohsawa,¹ Kanji Takahashi,¹ Chikara Noda,¹ Syogo Sai,¹ Fumio Sukezaki,³ and Yasuo Nakazawa²

¹Division of Radiological Technology, Showa University Hospital

²Showa University Graduate School Medical Care Study Graduate Medical-examination Radiation Domain

³Department of Orthopaedic Surgery, Showa University School of Medicine

Received October 3, 2012; Revision accepted August 2, 2013

Code No. 112

Summary

The reproducibility of lateral radiography of the knee joint in the lateral position is low because patient positioning can be easily affected by passive rotation of the knee joint. We calculated the correction angle of the femoral external rotation and the lower leg elevation and developed our own auxiliary tool for obtaining a lateral view image. We were able to obtain, in a single attempt, an image with misalignment of the condyle limited to less than 7 mm. Our tool also contributed to the reduction of the re-imaging rate, suggesting its usefulness in contributing to a lower re-imaging rate for lateral radiography of the knee joint.

Key words: auxiliary tool, radiology, knee joint

*Proceeding author

Fig. 1 MRI measurement angle.

Angle A is the angle formed between a line perpendicular to the patellar surface and a line connecting the posterior medial and lateral femoral condyles.

Fig. 2 XP measurement angle.

Angle B is the angle formed between the line connecting the medial and lateral femoral condyles and the lower leg axis.

1. 方 法

膝関節の内側顆部後縁と外側顆部後縁を結ぶ線は後傾しているが、内側顆部前縁と外側顆部前縁の結ぶ線は前傾している。膝関節側面像とは、斜入するX線束が内顆と外顆の傾斜角を接線として投影することで関節面が揃う撮影法である。

大腿骨内外顆の一致する傾斜角を求めるため、膝関節の磁気共鳴画像法(magnetic resonance imaging: MRI)画像の横断像と単純X線画像(X-ray photography: XP)の正面像を用いて計測を行った。MRI画像はSIEMENS社製MAGNOTOM avantoを使用した。MRIの撮像シーケンスはtime of repeat: 4000 ms, time of echo: 10 ms, flip angle: 170, field of view: 180 mm, matrix: 256×256, slice thickness: 4 mmである。XPは日立社製のX線装置UH-6FC-31Eと富士フイルムメディカル社製富士imaging plate(IP)カセットCCを用いて撮影を行い、FUJIFILM社製Fuji computed radiography SPEEDIA CSにて読み取りを行った。撮影条件は60 kV, 4 mA second(mAs), 撮影距離100とした。計測の際にはFUJIFILM社製画像保存通信システム(picture archiving and communication systems: PACS) SYNAPSEに転送した画像を用い、SYNAPSEの計測ツールを使用した。

1-1 XP, MRI 画像における膝関節の計測

QCプログラムから、膝蓋骨が大腿骨遠位端の内外顆を結んだ線の中央に観察されるとき、膝関節は正面像となる。膝関節が正面を向いた状態から、大腿骨後方の内外顆を一致させる角度を求めるため、膝蓋骨と内外顆後面を同時に観察できるMRI画像の横断像を使用した。膝関節を正面位に整位する際、膝蓋骨に触る指標となる2点(膝蓋靭帯部両側の扁平なくぼみ: 膝蓋関節間隙に相当)を含む面を膝蓋骨面とした。横断像にて内外顆が最も広く描出される断面を選び、膝蓋骨面に垂直な線と、大腿骨後方の内外顆を結ぶ線を引き、その二つのなす角(角A)を計測した(Fig. 1)。さらに、踵を上げることで大腿骨の内旋が補正され大腿骨下面を一致させることができる。この踵を上げて大腿骨内外顆が一致するときの角度を求めるため、XPの正面像を用いて計測を行った。膝蓋骨正面位で正しく撮影されているXPにて、大腿骨内外顆を結ぶ線と下腿長軸の線を引き、その二つのなす角(角B)を計測した(Fig. 2)。今回補助具作成のためにMRI画像とXPでの計測の対象とした症例は、2012年1月1日から2012年4月30日の期間に、膝関節のMRIと単純X線撮影の検査を行った、骨折など異常所見のない62例である。症例の内訳は男性25名、女性37名、平均年齢は48歳である。

Fig. 3 Geometry during X-ray transmissivity measurement.

1-2 補正角度の算出

大腿骨内外顆の形状は矢状方向において内顆が外顆より後方に長いため、膝関節の正面像に対する90度側面像は内旋位となる。大腿骨の内外顆後面を一致させる外旋方向の補正角を得るため、90度から計測した角Aを引き、外旋方向の補正角A'とした。外旋補正と同様に、90度から角Bを引き、下腿を外転させる補正角B'とした。

1-3 補助具の作成

算出した補正角度を基に、外旋方向と外転方向の二つの角度をもつ補助具を作成した。また、補助具の表面に基準となる膝関節のシェーマを表記した。補助具のサイズは四切サイズと同じとした。

補助具の材料としたポリスチレンのX線透過率について計測を行った。X線アナライザにはRadcal社製ACCU-GOLD、半導体検出器にはRadcal社製AGMS-D型マルチセンサを使用した。ポリスチレンの厚さは、最大となる4.5 cmのものをを使用した。まず当院の臨床で使用している膝関節撮影の条件[60 kV, 4 mAs, 照射野は四切サイズ(縦33 cm×横28 cm)とする]にて撮影距離100 cmの位置における空気吸収線量を3回測定した。次にポリスチレン自体のX線透過率を知るため、後方散乱を避けてポリスチレンをX線管と検出器の間の中空に固定した。そのうえで同じ撮影条件で空気吸収線量を3回測定した。測定時のジオメトリをFig. 3に示す。

1-4 補助具使用前後のズレ幅、再撮影率の比較

作成した補助具の有用性を検討するため、次に示す項目について、補助具使用前後で比較を行った。なお、今回補助具使用の対象とした膝関節は、側臥位の肢位が可能で、femorotibial angle(FTA: 膝外側角)が

Fig. 4 Lateral deviation of medial and lateral condyles.
(a) Medial condyle
(b) Lateral condyle

Fig. 5 Longitudinal deviation of medial and lateral condyles.
(c) Medial condyle
(d) Lateral condyle

170度以下の外反膝(X脚)や180度以上の内反膝(O脚)を除外した正常膝関節のみとした。

1-4-1 内外顆のズレ幅の比較

内顆と外顆のズレ幅について、大腿骨の横方向のズレと縦方向のズレの二つに分けて比較を行った。横方向のズレは、画像の長軸に平行な線で内顆(a)と外顆(b)の接線を引き、その距離とした(Fig. 4)。同じように、縦方向のズレは画像の短軸に平行な線で内顆(c)と外顆(d)を引き、その距離とした(Fig. 5)。

また、比較の対象とした症例は、補助具使用前は2012年6月1日～30日に補助具を用いず撮影した症例54例(男性23名、女性31名、平均年齢47.1歳)、補助

Fig. 6 Dimensions of adapter, calculated from measurements. Double-angled with 4.7° in the extorsional and 6.0° in the abduction direction.

Fig. 7 The adapter. Created using polystyrene based on dimensions calculated from measurements and marked with knee joint schema on the surface.

具使用後は2012年7月9日以降に補助具を使用して撮影した54症例(男性21名, 女性33名, 平均年齢53.7歳)を対象とした。

1-4-2 再撮影率の比較

膝関節側面撮影の再撮影率について比較を行った。2012年7月1日～31日に補助具を用いず撮影した122症例と、2012年8月1日～31日に補助具を用いて撮影した94症例のうち、何症例の再撮影が発生したかを調べ、その割合を算出した。また、その再撮影が内旋過多なのか外旋過多なのかを調べた。

2. 結果

2-1 XP, MRI画像における膝関節の計測

外旋方向の計測角Aは平均85.3度, 外転方向の計測角Bは平均84.0度であった。

2-2 補正角度の算出

膝関節の側面像を得る, 外旋方向の補正角A'を4.7度, 外転方向の補正角B'を6.0度とした。

2-3 補助具の作成

補助具は, 角A'と角B'のダブルアングルをもつようにし, ポリスチレンを用いて作成した(Fig. 6, 7)。なお, 今回作成した補助具は四切サイズ(縦33cm×横28cm)のIPを基準としている。

また, 今回補助具の材料に用いたポリスチレンは, 使用の有無による空気吸収線量差が0.0018 mGyとなり, 約96%の透過率であった(Table 1)。

2-4 補助具使用前後の比較

2-4-1 内外顆のズレの比較

補助具を使用して撮影した膝関節について, 使用前

Table 1 Change of dose

	Polystyrene nothing (mGy)	Polystyrene existence (mGy)
1	0.0432	0.0415
2	0.0432	0.0413
3	0.0432	0.0414
Average	0.0432	0.0414
X-ray transmittance	96%	

Change of dose was investigated with no polystyrene.

の結果を, 横方向のズレ, 縦方向のズレ, 使用後の結果を, 横方向のズレ, 縦方向のズレにそれぞれ分けて比較した。使用前後のズレを箱ひげ図を用いて横方向(Fig. 8)と, 縦方向(Fig. 9)に分けて示す。横方向のズレは平均±標準偏差が3.2 mm±2.1から1.5 mm±1.3, 縦方向のズレは2.7 mm±1.7から1.0 mm±1.1へと減少した(Table 2)。なお, この結果に関しては, ウィルコクソン検定を行い, $P<0.05$ となった。補助具を使用した膝関節では, 7 mm以内のズレの中でも54例中25例が内旋傾向, 11例が外旋傾向, 18例は内外顆のズレが1 mm以下で内外旋の判別がつかないものであった(Table 2)。

2-4-2 再撮影率の比較

補助具使用前後の再撮影率の結果をTable 3に示す。再撮影率は10.7%から3.2%へと減少した。補助具使用前の再撮影の内訳は外旋過多9例, 内旋過多4例であった。使用後の再撮影の内訳は外旋過多1例, 内旋過多2例であった(Fig. 10)。

3. 考察

膝関節側面撮影では内外顆を一致させるために外旋

Fig. 8 Variability in lateral deviation of medial and lateral condyles before and after adapter use.

Fig. 9 Variability in longitudinal deviation of medial and lateral condyles before and after adapter use.

Table 2 Comparison of before and after use

	Lateral gap (mm)	Longitudinal gap (mm)	Excessive internal rotation (cases)	Gaps less than 1 mm (cases)	Excessive external rotation (cases)
Before use	3.2±2.1	2.7±1.7	21	7	27
After use	1.5±1.3	1.0±1.1	25	17	13

The magnitude of medial and lateral condyle deviation in the longitudinal and lateral directions, the number of cases with excessive intorsion, the number of cases with deviation of 1 mm or less, and the number of cases with excessive extorsion were compared before and after use of the adapter.

Table 3 Retake rate

	Number of total cases	Number of retake cases	Retake rate (%)
Before use	122	13	10.7
After use	94	3	3.2

Comparison of number of cases where retakes were required before and after adapter use.

補正・外転補正を行う必要がある。当院では従来、側臥位にてカセットの上に直接膝関節を置き、個々の感覚で側面像を触知して大腿骨の内顆と外顆を合わせていたが、再撮影率が 10.7%と高い値にあった。

今回作成した補助具を使用して撮影を行うと、従来の触知によるポジショニングに比較し、膝関節の 4.7 度外旋と、6.0 度外転で角度が一定となり、撮影者による感覚の差の違いが除外され、整位しやすくなったため内外旋・内外転のズレが改善し、再撮影が減少したと考

Fig. 10 Breakdown of retakes. Classified into excessive intorsion and excessive extorsion.

える。また、今回補助具を使用したことで、大腿骨の内顆と外顆のズレが 1 mm 以下になった症例が 54 例中、7 例から 17 例となり、大きな改善がみられた。

また、再撮影の内容として、使用前では 122 例中 13

例の再撮影枚数のうち、外旋過多9例だったが、使用後では94例中3例の再撮影枚数中、内旋過多が2例であった。これは、使用前では梅木ら⁹⁾の言うように、側臥位にした際の骨盤の整位による補正が十分でなく骨が外旋してしまっていたためと考えられる。使用後は、補助具による補正が行われているが、その補正角度は骨のみの計測で求められており脂肪や筋肉の皮下組織の厚さを考慮していないため、補助具の上に膝を乗せると、皮下組織の厚みの分だけ内旋傾向となるためと考えられる。ただし、QCプログラム⁸⁾における再撮基準内でのズレであることから、本補助具は有効価値が高いと考える。

補助具のX線減弱率について、今回の測定では0.0018 mGyの変化があり約96%のX線の透過があった。矢田らの研究¹⁰⁾で、3 mm厚のカーボン板で96%のX線透過率であり、臨床画像への影響はほぼないという結果が得られており、それとほぼ同じポリスチレンの96%のX線透過率であるため、臨床画像への影響は少

ないと考えられる。したがって、本研究では素材が撮影条件に与える影響は考慮しないものとする。

4. 結 語

膝関節側面撮影は、膝関節の他動回旋の影響を受けやすく整位が困難で再撮影率の高い撮影法であった。しかし今回、側面像を得るために必要な大腿骨の外旋・外転の補正角度を求め、補助具を作成・使用したことで、側臥位の肢位が可能であれば、一度の撮影で内外顆のズレが7 mm以内の側面像を得ることができた。また、再撮影率の低減にも寄与することができた。今回作成した補助具は、膝関節側面撮影に有用であると示唆された。

謝 辞

本研究に際し、御指導いただきました昭和大学統括放射線技術部長はじめ、昭和大学病院放射線部技師室諸氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 守屋茂繁, 北原 宏, 富田勝郎. 整形外科放射線診断学 原書第3版. 南江堂, 東京, 2004: 239-241.
- 2) 鳥巢岳彦, 国分正一. 標準整形外科学 第9版. 医学書院, 東京, 1993: 560-567.
- 3) 平田幸男. 分冊 解剖学アトラスI 第6版. 文光堂, 東京, 2011: 192-203.
- 4) 久保俊一, 齋藤知行. 膝の外科I 原著第4版. 金芳堂, 京都, 2007: 7-11.
- 5) 安藤英次, 高倉義典. 図解 下肢撮影法 第1版. オーム社, 東京, 2010: 53-66.
- 6) 小塚隆弘, 稲邑清也, 山下一也, 他. 診療放射線技術 上巻 第12版. 南江堂, 東京, 2009: 147-148.
- 7) 堀尾重治. 骨・関節X線写真の撮りかたと見かた 第7版. 医学書院, 東京, 2008: 264-269.
- 8) 日本放射線技術学会専門委員会. 一般撮影における合格基準. 放射線技術QCプログラム. 日本放射線技術学会 1992: 59-60.
- 9) 梅木智子, 葉山和弘, 渡辺雅弘. 膝関節側位撮影における形態解剖学的検討. 日放技学誌 1996; 52(10): 1402.
- 10) 矢田麻子, 是川紗江, 谷川基務, 他. フラットパネルディテクタ(FPD)対応型小児撮影台の開発と評価. 日本放射線技術学会近畿部会雑誌 2011; 17(1): 90.

問合先

〒142-8666 品川区旗の台1-5-8
昭和大学病院放射線部 安田 優