

膝関節軸位撮影における補助具の作成

Creation of help device in axial knee joint imaging

峯岸 健太郎¹⁾, 宮川 誠一郎¹⁾, 橋高 大介¹⁾, 野田 主税²⁾, 佐藤 久弥²⁾, 崔 昌五³⁾, 中澤 靖夫²⁾

1) 昭和大学病院 放射線室

2) 昭和大学大学院 保健医療学研究科

3) 昭和大学江東豊洲病院

Key words: axial knee joint imaging, a help device, reproducibility, depicting ability, gonarthrosis

【Abstract】

In the present study, a help device to improve reproducibility and depicting ability in axial knee joint imaging in the supine position was created to investigate its usefulness in each disease. As a result, significant differences were found in displacement between the femurs and the lower thigh bones and the widths of the articular cavity at the medial and lateral epicondyles before and after using the help device in normal knees and in knees after total knee replacement or ligament restoration. However, no significant differences were found before and after using the help device in gonarthrosis. This seemed to be because the attrition of the articular cartilage makes the patellofemoral articular cavity narrower in gonarthrosis.

The use of the created help device can provide axial images with higher reproducibility to support imaging.

キーワード: 膝関節軸位撮影, 補助具, 再現性, 描出能, 変形性膝関節症

【要 旨】

本研究では、膝関節軸位撮影における体位を仰臥位として、再現性と描出能を向上するための補助具を作成し、疾患別にその有用性を検討した。

その結果、正常膝関節、人工膝関節全置換術後、靱帯再建術後では、補助具使用前後で大腿骨と下腿骨のズレおよび膝関節内側上顆、外側上顆の関節腔の広さに有意差が見られた。しかし、変形性膝関節症において補助具使用前後で有意差は見られなかった。理由として、変形性膝関節症は関節軟骨の摩耗により膝蓋大腿関節腔が狭くなるため、補助具使用前後で有意差が見られなかったと考えられる。

作成した補助具を使用することで、より再現性の高い軸位像を提供することができ、撮影の一助になると考える。

緒 言

近年、膝痛により整形外科外来を受診される患者は腰痛と並んで多い¹⁾。その理由として、プロスポーツの隆盛に伴い膝のスポーツ障害の増加が挙げられる。その要因としては、膝関節の酷使や間違ったトレーニング法、スポーツを行う場所などの環境要因、下肢のアライメント不良をはじめとする患者自身の持つ内的要因など多種多彩である¹⁾。また超高齢社会を迎えた現在、高齢者に多く見られる変形性膝関節症患者の増加が挙げられる²⁾。膝関節は蝶番関節で不安定な骨形態をしていること、下肢の中間に位置し可動域が広く、

大きなトルクがかかりやすいという点から、下肢の中でも年齢を問わず最も障害が起こりやすい³⁾。膝関節の単純X線撮影は、診断の第1選択として用いられ、その適応疾患としては外傷性疾患における骨折などの分類やその計測の他、変形性膝関節症・炎症性疾患など非外傷性の関節症における病期分類やその計測に用いられる。

膝関節軸位撮影法は、施設ごとにさまざまな撮影法が報告されている^{1,4)}(Fig.1)。膝関節軸位像には膝蓋骨前面と後面の両関節面の接線像が投影される。また脛骨粗面が関節間隙内に重複せず、狭小化や骨変化、また位置異常や骨折・脱臼・腫脹・石灰化の有無を診断する上で、大腿骨膝蓋面と膝蓋骨との関節間隙が明瞭に描出されなければならない⁵⁾。当院における膝関節軸位撮影法は、座位で検側の膝を120°屈曲(大腿長軸と下腿長軸の成す角度)させ、足側より膝蓋骨尖部に向けて膝蓋大腿関節面に沿って斜入する(Fig.2)。また患者自身が大腿前部でカセットの保持を行っている。高齢者の場合、体位を保持することが困難であり、動きにより膝関節の屈曲角度に変化が生じ、再現性が

Kentarou Minegishi¹⁾, Seiichirou Miyakawa¹⁾,
Daisuke Kittaka¹⁾, Chikara Noda²⁾, Hisaya Sato²⁾,
Syougo Sai³⁾, Yasuo Nakazawa²⁾

1) Department of Radiological Technology, Showa University Hospital

2) Graduate School of Nursing and Rehabilitation Sciences, Showa University

3) Showa University Koto Toyosu Hospital

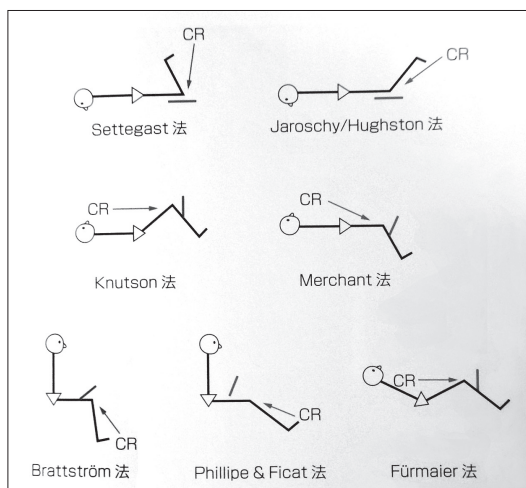


Fig.1 An axial knee joint imaging

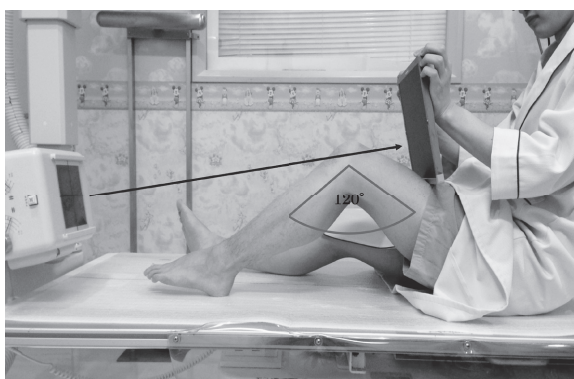


Fig.2 An axial knee joint imaging (seating position)

低下し、膝蓋骨関節腔が明瞭に描出されないことを経験する。そこで膝関節軸位撮影において患者の体位を仰臥位とし、再現性と膝蓋骨関節腔の描出能が期待できる膝関節軸位撮影用の補助具を作成し、疾患別にその有用性および再現性を検討したので報告する。

1. 方法

1-1. 生命倫理について

本研究は、被験者に対して生命倫理について配慮し、当院の倫理審査委員会の承認を受けて実施した。また個人情報保護のために必要な措置を講じ、個人を特定できないように解析を行い、有用な結果は研究に使用することの同意を得て施行した。

1-2. 使用機器

X線撮影装置はUD150B-40 (SHIMADZU社製)、CR読み取り装置はFCR SPEEDIA CS (FUJIFILM社製)を用いた。膝関節屈曲角度の計測には、角度計およ



Fig.3 An axial knee joint imaging (dorsal position)

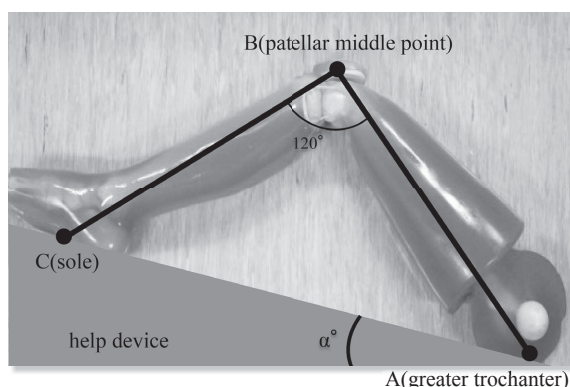


Fig.4 Theory of calculating of the lower-leg elevation angle (α°) ①

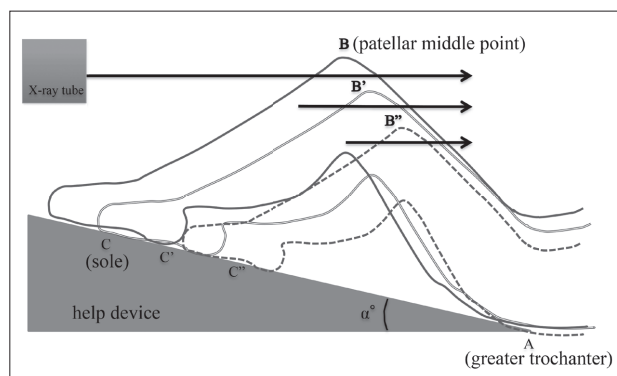


Fig.5 Theory of calculating of the lower-leg elevation angle (α°) ②

び画像管理コアシステムSYNAPSE (FUJIFILM社製)を用いた。補助具は押出し発砲ポリスチレンを用いて作成した。

1-3. 膝関節屈曲120°時に大腿骨・下腿骨から形成される三角形の相似性について

現在、当院では座位で検側の膝を120°屈曲させた状態で撮影を行っている (Fig.2)。

しかし、座位では状態が安定しないため、仰臥位で

検側膝関節を 120° 屈曲し、補助具に下腿を乗せるだけで撮影できる補助具の作成を考えた (Fig.3).

そこで大転子から膝蓋骨中点の長さを AB 、膝蓋骨中点から足底までの長さを BC 、下腿を挙上し、補助具に足を乗せた時の挙げ角を α° とした (Fig.4). AB 、 BC の長さにはそれぞれ個人差があるため、大転子から膝蓋骨中点の長さを AB 、 AB' 、 AB'' 、膝蓋骨中点から足関節までの長さを BC 、 $B'C'$ 、 $B''C''$ として分別した。それらが成す $\triangle ABC \sim \triangle AB'C' \sim \triangle AB''C''$ の面積は相似関係にあると仮定し α° を求めた (Fig.5).

また $\triangle ABC \sim \triangle AB'C' \sim \triangle AB''C''$ の面積は相似関係にある場合、撮影体位を座位から仰臥位に変換できると考えた。なお、相似関係の算出には、膝関節を 120° 屈曲させた状態で、大転子から膝蓋骨中点の長さ AB と膝蓋骨中点から足底までの長さ BC の比率を、ボランティアの診療放射線技師 30 人より求めた。

1-4. 下腿挙上角度の算出方法

方法 (1-3) の仮定を基に、膝関節を 120° 屈曲 (大腿長軸と下腿長軸の成す角度) した状態で、大腿骨膝蓋面と膝蓋骨との関節間隙が最も広く描出できる線を線 X とした (Fig.6:a). また X 線管より垂直に入射した線 Y (地面との平行線 Y) は、Fig.7:b のように $\triangle ABC$ は二等辺三角形であるので、その $120^\circ/2$ を通る線 Z は線 Y と垂直となる。従って膝関節単純 X 線画像の側面像から、屈曲角 120° の中間を通る線は線 Z と同義であり、その垂線は線 Y と同義である (Fig.8:c). よって線 X を線 Y と一致するよう下腿を挙上させた時の角度 (以下、下腿挙上角度 α°) は、線 X と線 Y の成す角度となる (Fig.9:d). そこで下腿挙上角度 α° を、側臥位で撮影した膝関節単純 X 線画像の側面像 (屈曲角度が $120^\circ \pm 1.0$) の 100 症例より、その平均値として算出した。

1-5. 補助具の作成方法

膝関節屈曲 120° 時に大腿骨・下腿骨から形成される三角形の相似性について (1-3) の結果および下腿挙上角度の算出 (1-4) の結果を用いて、補助具は膝蓋関節腔が広く描出できる下腿挙上角度 α° の傾斜角を持たせた。補助具使用時の体位は仰臥位とし、膝関節を 120° 屈曲させた状態で下腿を補助具に乗せることができ、さらに膝蓋骨下端に垂直入射とした (Fig.10).

1-6. 補助具の評価法

正確な膝関節軸位像は膝蓋骨前面と後面の両関節面の接線像が投影され、脛骨粗面が関節間隙内に重複せ

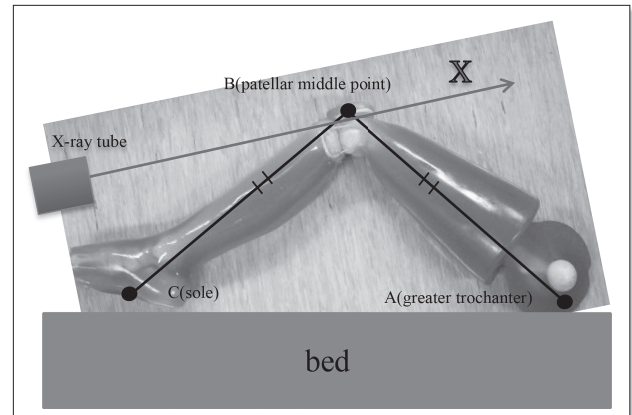


Fig.6:a Method of calculating the lower-leg elevation angle (α°) ①

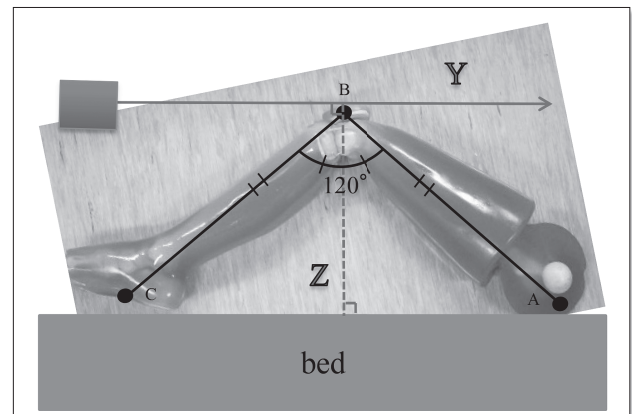


Fig.7:b Method of calculating the lower-leg elevation angle (α°) ②

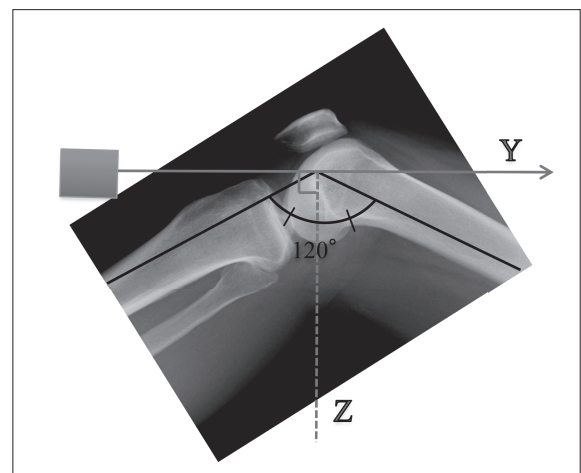


Fig.8:c Method of calculating the lower-leg elevation angle (α°) ③

ず、大腿骨膝蓋面と膝蓋骨との関節間隙が明瞭に描出されなければならない。補助具の有用性を検討するために補助具使用前後で、以下に示す項目について疾患別 (正常膝関節、変形性膝関節症、人工膝関節全置換

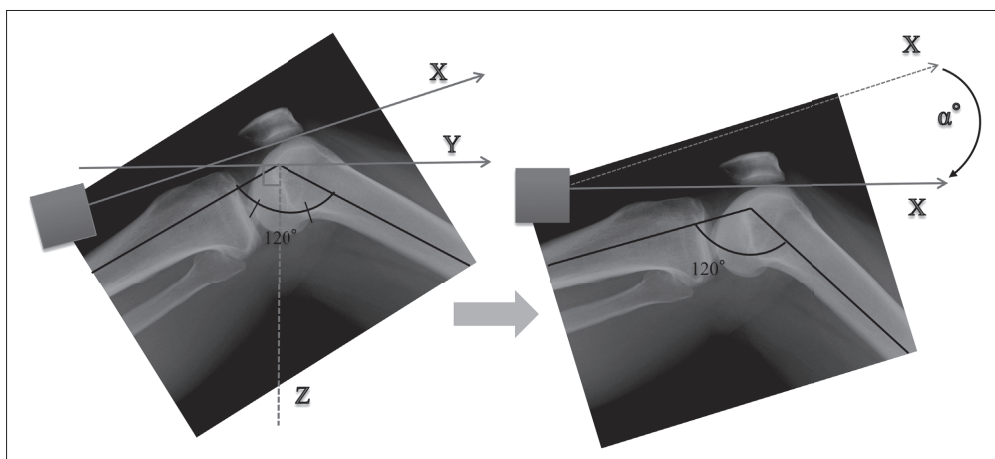


Fig.9:d Method of calculating the lower-leg elevation angle (α°) ④

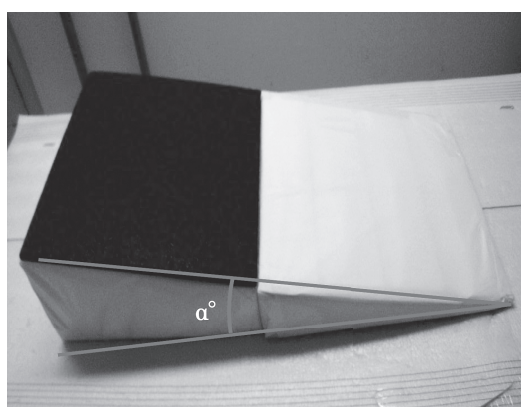


Fig.10 A help device with the angle of inclination of the lower-leg elevation angle (α°)

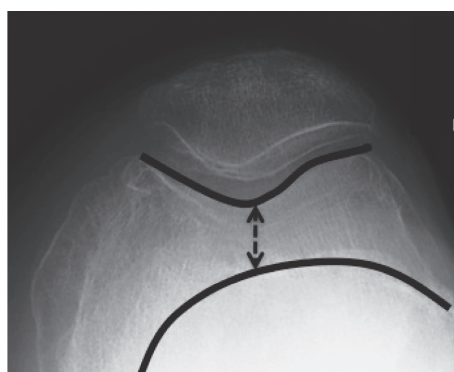


Fig.11 Evaluation of help device

Displacement of the lower leg bone and thigh bone (mm)

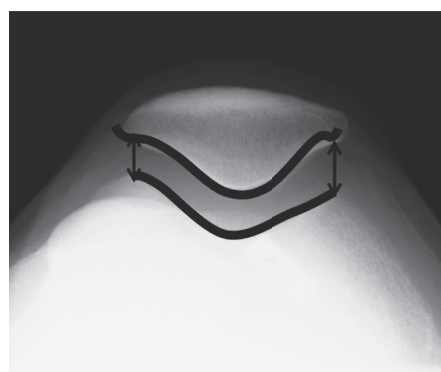


Fig.12 Evaluation of help device

Width of the joint cavity of a knee-joint medial epicondyle and a knee-joint lateral epicondyle (mm)

術後、靱帯再建術後)に比較した。評価項目は、大腿骨と下腿骨のズレ(大腿骨膝蓋面のズレ)、膝関節内側上顆、外側上顆の関節腔の広さを計測し、補助具の有用性を検討した。有意差検定にはMann Whitney U検定を用いた。また補助具の再現性を検討するため、補助具を使用し、異なる検査日に3回撮影した10人の

膝関節軸位像について上記の評価項目について比較した (Fig.11, 12)。

1-7. 対象

対象患者は、正常膝関節40人、変形性膝関節症19人、人工膝関節全置換術後21人、靱帯再建術後20人

で合計100症例とした。男女比は6:4、年齢は7~87歳 (55 ± 21.6) であった。

2. 結果

2-1. 膝関節屈曲120°時に大腿骨・下腿骨から形成される三角形の相似性について

大転子から膝蓋骨中点の長さABと膝蓋骨中点から足底までの長さBCの比率は0.94:1.06で、ほぼ1:1であった (Fig.13)。従って $\triangle ABC$ の $\triangle AB'C'$ の $\triangle AB''C''$ の面積は相似関係にある。この結果により、撮影体位を座位から仰臥位に変換することが可能であった。

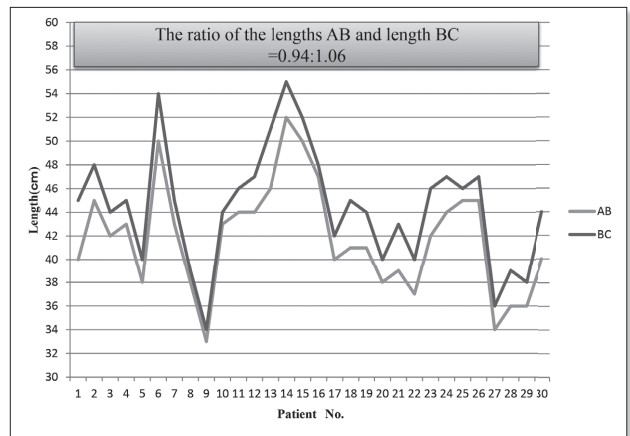


Fig.13 The ratio of the lengths AB and length BC

2-2. 下腿挙上角度の算出

膝関節単純X線画像の側面像 (屈曲角度が $120^\circ \pm 1.0^\circ$) の100症例より下腿挙上角度 $\alpha = 11.6^\circ$ と求めた (Fig.14)。

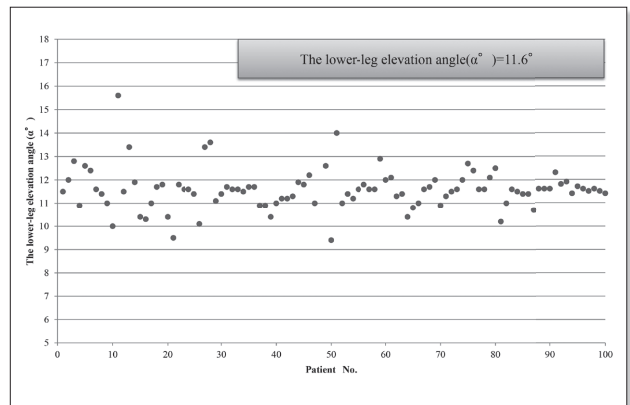


Fig.14 The lower-leg elevation angle (α°)

2-3. 補助具の作成

膝関節屈曲120°時に大腿骨・下腿骨から形成される三角形の相似性 (2-1) および下腿挙上角度の算出 (2-2) の結果より、膝関節を120°屈曲させた状態で下腿を乗せ、膝蓋骨下端に垂直入射することで膝蓋関節腔が広く描出できる下腿挙上角度11.6°の傾斜角を持った補助具を作成した。またカセットホルダーを用いてカセットを保持することで、患者自身がカセットを保持する負担をなくした (Fig.15)。

2-4. 補助具の評価

補助具の有用性を検討するために、大腿骨と下腿骨のズレ、膝関節内側上顆、外側上顆の関節腔の広さについて各疾患別に評価を行った。グラフの横軸は評価項目、縦軸は長さを示す。

正常膝関節は、補助具使用前後において、大腿骨と下腿骨のズレは危険率 $P < 0.05$ で有意に低下した。内側上顆の関節腔の広さは危険率 $P < 0.05$ で有意に広く描出された。外側上顆の関節腔の広さは補助具使用前後で有意差はなかった (Fig.16:a)。

変形性膝関節症では、補助具使用前後において、大腿骨と下腿骨のズレは危険率 $P < 0.05$ で有意に低下した。内側上顆の関節腔の広さは補助具使用前後で有意差はなかった。外側上顆の関節腔の広さは補助具使用前後で有意差はなかった。よって変形性膝関節症では、補助具使用前後で関節腔の広さの描出には有意差はなかった (Fig.17:b)。



Fig.15 Appearance of auxiliary implement

人工膝関節全置換術後では、補助具使用前後において、大腿骨と下腿骨のズレは危険率 $P < 0.05$ で有意に低下した。内側上顆の関節腔の広さは危険率 $P < 0.05$ で有意に広く描出された。外側上顆の関節腔の広さは補助具使用前後で有意差はなかった (Fig.18:c)。

靱帯再建術後では、補助具使用前後において、大腿骨と下腿骨のズレは危険率 $P < 0.05$ で有意に低下した。内側上顆の関節腔の広さは危険率 $P < 0.05$ で有意に広

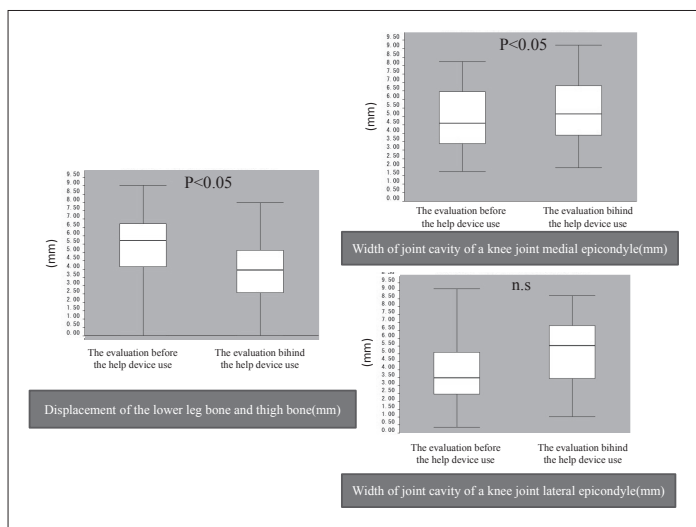


Fig.16:a The evaluation before and behind the help device use in a normal knee-joint

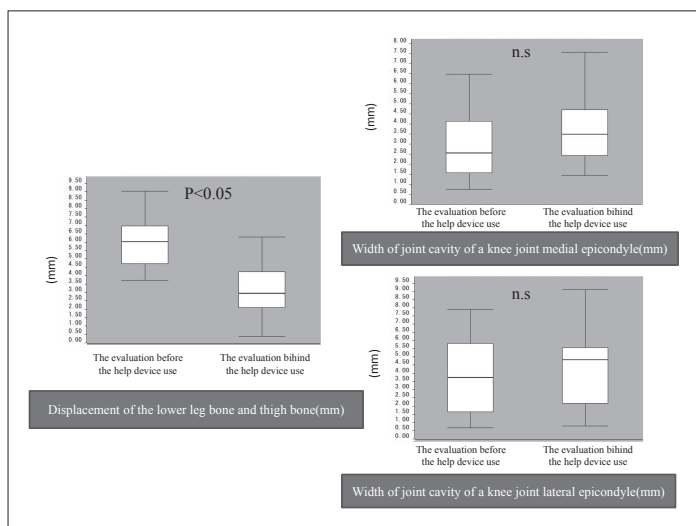


Fig.17:b The evaluation before and behind the help device use in a gonarthrosis

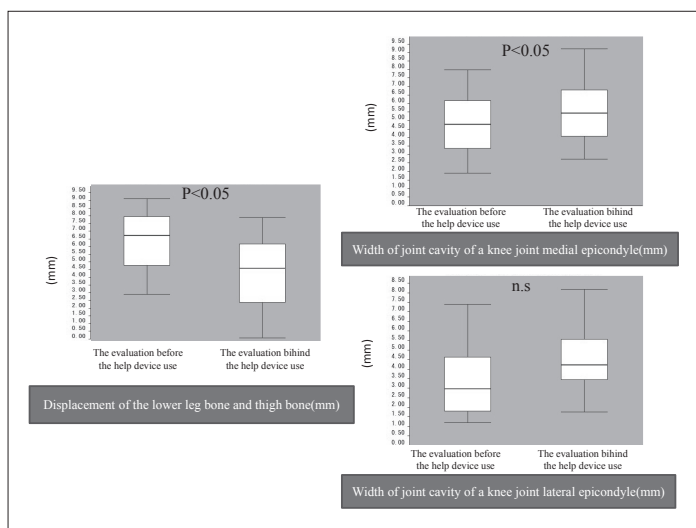


Fig.18:c The evaluation before and behind the help device use in a population total knee replacement surgery

く描出された。外側上顆の関節腔の広さは補助具使用前後で有意差はなかった (Fig.19:d)。

また補助具の再現性を検討するために、大腿骨と下腿骨のズレ、膝関節内側上顆、外側上顆の関節腔の広さについて、異なる検査日に3回撮影した10人の膝関節軸位像について検討を行った。どの評価項目においても、1回目・2回目・3回目において有意差はなく、補助具の再現性が認められた (Fig.20)。

3. 考 察

3-1. 膝関節屈曲120°時に大腿骨・下腿骨から形成される三角形の相似性について

ボランティアの診療放射線技師30人を計測した、大転子から膝蓋骨中点までの長さ、膝蓋骨中点から足底までの長さは、各個人により異なっていたが、その長さの比率はほぼ1:1であった。人の歩行運動は、地面を蹴り上げる力により下腿部が後方へ屈曲し、それと同時に大腿部が前方に移動することで成立する。地面を蹴り上げた力を効率よく前進する力（大腿部を前に移動させる力）に置換させるには、膝関節を支点として膝関節から足底までの距離と股関節から膝の距離が1:1にならないといけないと思われる。今回の計測結果が1:1となったのは以上のような理由が背景にあると考察した。そのため△ABC $\sim$ △AB'C' $\sim$ △AB''C''の関係が成立したと考えられる。

3-2. 下腿挙上角度の算出

膝関節単純X線画像の側面像（屈曲角度が120° $\pm$ 1.0°）の100症例より下腿挙上角度 α = 11.6°と求まった。

膝関節屈曲120°の時、大腿四頭筋腱は大腿骨長軸と平行になり、膝蓋腱は下腿長軸と平行になる⁷⁾。そのため大腿四頭筋腱と膝蓋腱をつなぐ膝蓋骨は、屈曲120°であれば、人の違いに依存せずほぼ同じ位置に存在することが考えられる。それにより、屈曲120°の時の膝蓋大腿関節を描出させる下腿挙上角度は11.6°の一定の値になったと考えられる。

3-3. 補助具の作成

補助具を用いて撮影を行うことで再現性が向

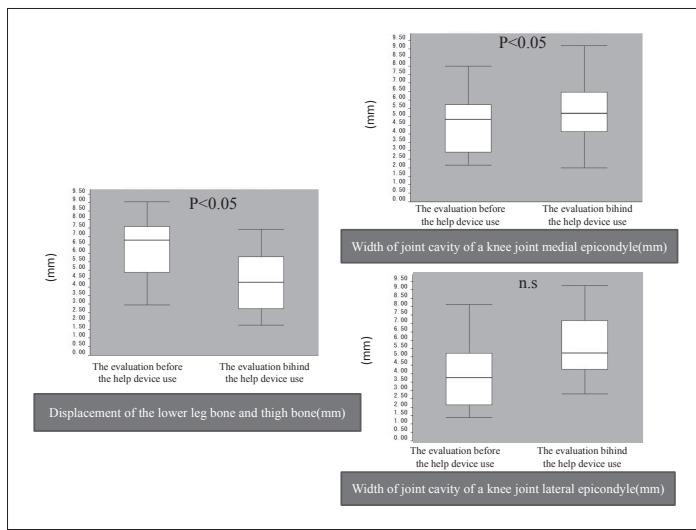


Fig.19:d The evaluation before and behind the help device use in a ligament reconstruction surgery

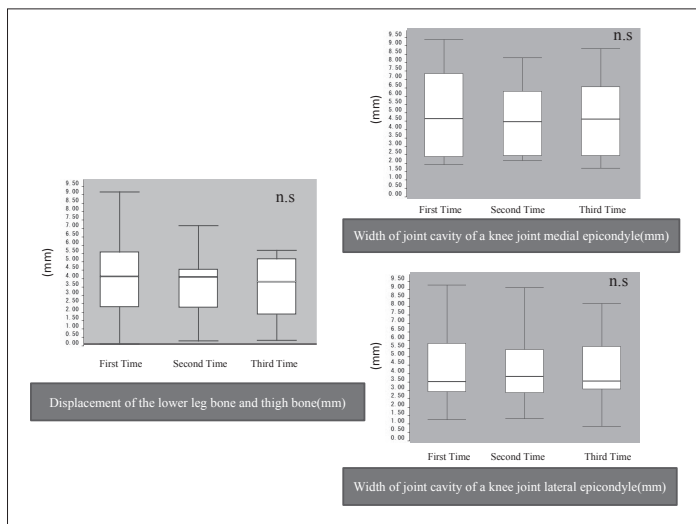


Fig.20 Reproducibility of help device

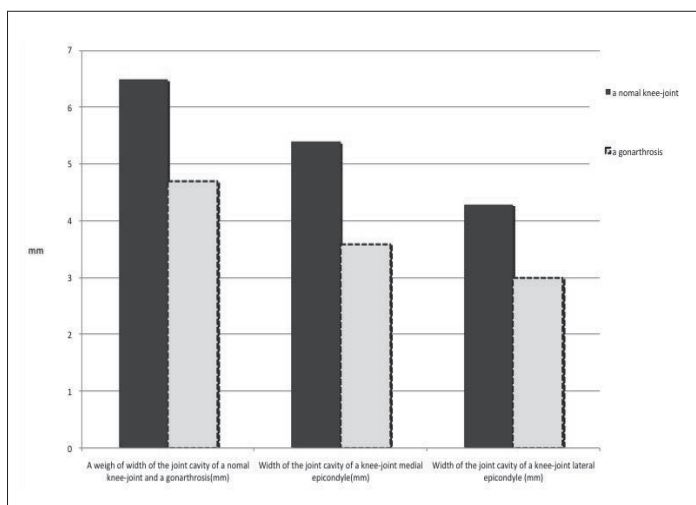


Fig.21 A weigh of width of the joint cavity of a normal knee-joint and a gonarthrosis

上した。これは、 11.6° の傾斜を持った補助具により、体格や下肢の長さに関係なく、膝を 120° 屈曲させ膝蓋骨下端に垂直入射すれば、膝蓋関節腔が広く描出できるためである。また患者自身も、仰臥位の状態でカセットを保持することなく、下肢を補助具に乗せるだけで撮影が可能になった。

3-4. 補助具の評価

正常膝関節、人工膝関節全置換術後、靱帯再建術後において、補助具使用前後で大腿骨と下腿骨のズレ、および膝関節内側上顆、外側上顆の関節腔の広さに有意差が見られた。しかし、変形性膝関節症において補助具使用前後で有意差は見られなかった。理由として、変形性膝関節症は関節軟骨の摩耗により膝蓋大腿関節腔が狭くなるため、補助具使用前後で有意差が見られなかったと考えられる。そこで変形性膝関節症患者は関節腔が狭小化しているかどうかを確かめるために、正常膝関節と変形性膝関節症患者30人の膝関節軸位像を用いて、膝蓋大腿関節腔の広さを比較した。その結果、変形性膝関節症患者は正常膝関節の患者に比べ、膝蓋大腿関節腔が有意に狭い結果が得られた (Fig.21)。

正常膝関節では、関節腔の広さは平均 6.5mm であった。しかし、変形性膝関節症では平均 4.7mm であった。そのため関節腔が 4.7mm 付近では、この補助具は使用できないことが考えられる。

補助具の再現性を検討するために、異なる検査日に3回撮影した10人の膝関節軸位像について検討を行った。その結果、どの評価項目においても有意差は見られなかった。これは、膝関節を 120° 屈曲した状態で補助具に下腿を乗せるため、安定した体位を保持することができたためだと考えられる。

今回、作成した補助具を使用することで、補助具使用前より安定した体位の保持が可能となった。今後、超高齢社会が進み、膝の屈曲を維持できない患者が増えることが予想される。この補助具を使用することで、より安定した体位で再現性の高い撮影が可能となり、関節腔が広く描出された軸位像を提供することができると考えられる。

4. 結 語

膝関節軸位撮影の補助具を検討した結果、下腿拳上角度が 11.6° となる補助具を作成した。この補助具を使用することで安定した体位を保持でき、変形性膝関節症以外の症例に対して、大腿骨と下腿骨のズレが少なく、関節腔を広く描出できることが示唆された。また再現性も向上することが示唆された。

謝 辞

画像評価・データ収集などに協力していただき、貴重な意見を頂きました昭和大学病院放射線部技師室諸氏に深く感謝致します。本論文の要旨は平成24年度関東甲信越診療放射線技師学術大会（2012年10月、栃木）において発表した。

図の説明

- Fig.1 膝関節軸位撮影法
- Fig.2 膝関節軸位撮影法（座位）
- Fig.3 膝関節軸位撮影法（仰臥位）
- Fig.4 下腿拳上角度（ α° ）の算出理論①
- Fig.5 下腿拳上角度（ α° ）の算出理論②
- Fig.6:a 下腿拳上角度（ α° ）の算出方法①
- Fig.7:b 下腿拳上角度（ α° ）の算出方法②
- Fig.8:c 下腿拳上角度（ α° ）の算出方法③
- Fig.9:d 下腿拳上角度（ α° ）の算出方法④
- Fig.10 下腿拳上角度（ α° ）の傾斜角を持った補助具
- Fig.11 補助具の評価法 大腿骨と下腿骨のズレ（mm）
- Fig.12 補助具の評価法 膝関節内側上顆、外側上顆の関節腔の広さ（mm）
- Fig.13 長さABとBCの比率
- Fig.14 下腿拳上角度（ α° ）
- Fig.15 補助具の外観
- Fig.16:a 正常膝関節における補助具使用前後の評価
- Fig.17:b 変形性膝関節症における補助具使用前後の評価
- Fig.18:c 人工膝関節全置換術後における補助具使用前後の評価
- Fig.19:d 靱帯再建術後における補助具使用前後の評価
- Fig.20 補助具の再現性
- Fig.21 正常膝関節と変形性膝関節症の関節腔の広さの比較

参考文献

- 1) 木村雅史：膝を診る目 診断・治療のエッセンス、南江堂、1、37-51、81-189、2004.
- 2) 白倉賢二、他：変形性膝関節症の診断と治療—最近の動向、日本医師会雑誌、126(5)、683-687、2001-09-01 1-5.
- 3) 鈴木重行：変形性膝関節症の最新の治療と評価—関節可動域の改善、日本整形外科看護研究会誌、5、13-16、20-27、2010.
- 4) 安藤英次、他：下肢撮影法、オーム社、20-70、2009.
- 5) 日下雄次：膝蓋骨軸位方向撮影におけるX線入射基準の検討、日本放射線技術学会 東北部会雑誌、第15号、p91、2006年1月.
- 6) H. F. Frick, et al.:ヴォルフ人体解剖学アトラス、西村書店、398-400、2007.
- 7) 弓削大四郎、他：図解・膝の機能解剖と靱帯損傷、南江堂、60-67、1998.