

股関節単純X線画像における大腿骨頭計測の精度向上を目的とした拡大率補正法の考案

The formulation of femoral head measurement corrected enlargement ratio using hip joints X-ray Imaging

梅木 拓哉¹⁾, 澁谷 孝行²⁾, 小西 慎介¹⁾, 山口 裕祐¹⁾

1) 府中病院 放射線室 診療放射線技師

2) 金沢大学 医薬保健研究域 保健学系 量子医療技術学講座 教員

Key words: Bipolar Hip Arthroplasty (BHA), Preoperative planning, Enlargement ratio

【Summary】

The measurement of femoral head size was performed using X-ray or computed tomography (CT) examinations as preoperative assessment of bipolar hip arthroplasty (BHA). However, these conventional methods have some problems such as exposure dose of CT and the measurement error of X-ray examinations. We formulated new method to improve measurement of femoral head diameter for hip joint frontal view by calculation of enlarged ratio from hip joint axis view formulated method. The objective of this study was to demonstrate measurement accuracy between conventional and formulated methods.

The artificial femoral head as phantom was used for physical evaluation, which was compared between conventional and formulated methods about differences of source image receptor distance (SID), target image receptor distance (TID) and inner rotation. In addition, the clinical 16 cases underwent femoral head replacement were retrospectively used in this study.

The difference of SID and inner rotation have no significantly difference between conventional and formulated methods, however formulated method indicated significant lower than conventional method about difference of TID and clinical study. Furthermore, femoral head measurement of TID and clinical using formulated method have almost errors within 1mm.

The formulated method was demonstrated high measurement accuracy by comparison with conventional method.

【要旨】

人工骨頭置換術は、術前に単純X線画像やCT画像を用いて大腿骨頭計測を行う。しかし、従来の単純X線画像の計測方法では拡大率の影響で誤差が生じる可能性がある。またCT画像では被ばくの影響が問題になる。今回、股関節軸位像から拡大率を実測し股関節正面像の大腿骨頭径を補正する方法を考案した。本研究の目的は、従来法と考案法において大腿骨頭径の測定精度について検証することである。既知の人工骨頭を用いて撮影を行い、SID・TID・回旋角度の違いによる影響を従来法と考案法と比較した。また人工骨頭置換術を受けた被検者16人で臨床評価を行った。

SIDと回旋角度の違いでは、従来法と考案法ともに有意な差はなかった。TIDでは考案法の方が従来法より有意に誤差は小さくなり、考案法では全てのTIDで1mm以内の誤差となった。臨床例においても考案法の方が有意に誤差は少なかった。

股関節軸位像を用いた拡大率補正を行うことで測定精度の向上が示唆された。

緒 言

近年、高齢化に伴い転倒による大腿骨近位部骨折が¹⁾増加しており、大腿骨頸部骨折と大腿骨転子部骨折は2007年では約14万人に発生し、2042年には約32万人に増加すると推計されている¹⁾。人工骨頭置換術は、大腿骨頸部骨折や大腿骨頭壊死に適用されており、手術時間の短縮を目的として、術前に大腿骨頭径を計測

し人工骨頭サイズを予測している。大腿骨頭径を計測する方法には、単純X線画像から計測する方法^{2,3)}、手術中に直接大腿骨頭を計測する方法⁴⁾、そしてthree dimensional computed tomography (3DCT)を用いて計測する方法⁵⁾がある。単純X線画像から計測する方法には、大腿骨頭径の拡大を約110%として補正する方法(従来法)²⁾や金属製リングを設置して補正する方法³⁾がある。従来法ではsource image receptor distance (SID)を100cmとし、カセットは臀部下に直接設置し撮影を行う。大腿骨頭中心からIPまでの距離target IP distance (TID)を計測しないため、被検者の体厚の違いなどによる誤差が生じる場合がある。金属製リングを設置する方法では、撮影時に金属リングを設置しなければ測定できず、後日測定が必要になった場合は再撮影が必要になるという問題がある。手術中に直接大腿骨頭を計測する方法⁴⁾

Takuya Umeki¹⁾, Takayuki Shibutani²⁾,
Shinsuke Konishi¹⁾, Yusuke Yamaguchi¹⁾

1) Department of Radiological Technology, Fuchu Hospital

2) Department of Quantum Medical Technology, Institute of Medical, Pharmaceutical and Health Sciences, Kanazawa University

は、手術前に評価することができず適正な手術計画ができない可能性がある。3DCTによる方法⁵⁾は、高い精度で大腿骨頭径を計測することができ非常に有用である。被検者の大腿骨頭径を術前に把握することは手術時間を短縮させ、さらに出血量抑制と感染率低減にもつながり⁶⁾被検者のquality of life (QOL)を向上させる。正確な人工骨頭サイズを術前に把握するためには、人工骨頭サイズが1mm間隔で準備されているため、1mm以内の誤差での計測が求められる。大腿骨頸部骨折時のスクリーニング検査の第一選択としては、単純X線検査による股関節正面像と側面像(軸位像)の2方向を撮影するとされており⁷⁾、大腿骨頸部骨折時は通常、単純X線検査を行う。今回われわれは、スクリーニング検査である単純X線検査において、股関節正面像と軸位像を用いて3DCTと同程度の精度で大腿骨頭径の拡大を補正する方法を考案した(考案法)。本研究の目的は、従来法と考案法を比較して大腿骨頭径の計測精度を検証することである。

1. 方法

1.1. 使用機器

X線発生装置はMRAD-A50S型 RADREX(東芝メディカルシステムズ株式会社)で、Computed Radiology (CR) 読み取り装置はFCR Speedia CS(富士フイルム株式会社)、CR画像処理装置はConsole Advance(富士フイルム株式会社)、輝尽性蛍光体としてImaging Plate (IP) ST-VI(標準タイプ)(富士フイルム株式会社)を用いた。散乱X線除去用グリッドにはMS-Xray GRID(株式会社三田屋製作所)を用い、グリッド比は8:1、グリッド密度は40 line/cm、中間物質およびカバー材はアルミニウムである。画像参照モニター装置はLCD-AD199GEB(株式会社アイ・オー・データ機器)を使用し、画像参照ソフトウェアは「Digital Imaging and Communications in Medicine: DICOM」画像表示(東芝メディカルシステムズ株式会社)を使用した。

1.2. 従来法

股関節正面撮影はsource image receptor distance (SID)を100cmとした。股関節軸位撮影はSIDを100cmとし、検側のポジショニングは股関節正面撮影のままで、非検側の股関節と膝関節を90°に屈曲させた。X線の中心点は大転子部、X線入射角

度は下腿軸に対して45°に配置し、グリッドとカセットは入射角度と直行となるように置いた。

1.3. 考案法

股関節正面撮影はSIDを100cmとし、下肢は足関節中間位(底背屈0°)から足の基準線を25°内旋となるように補助具を用いて内旋し、カセットは臀部下に直接置いた。股関節軸位撮影はSIDを100cmとし、検側のポジショニングは股関節正面撮影のままで、非検側の股関節と膝関節を90°に屈曲させた。X線の中心点は大転子部、X線入射角度は下腿軸に対して45°に配置し、グリッドとカセットは入射角度と直行となるように置いた。股関節正面および軸位撮影のポジショニングをFig.1に示す。

計測方法は、股関節正面像において人工骨頭下縁に接線(1)を引く。(1)に対し直行線(2)を引く。(2)に対し骨頭の辺縁に平行線(3)(4)を引き骨頭径を計測した。TIDは股関節軸位像を用いて計測した。画像の下縁より平行に人工骨頭上縁と下縁に(5)(6)を引き、骨頭中心に(7)を引く。(7)から画像の下縁(C)とカセット枠の厚さを合わせて(C)とした(Fig.2)。その計測値からEq.1を用いて大腿骨頭径を求めた。

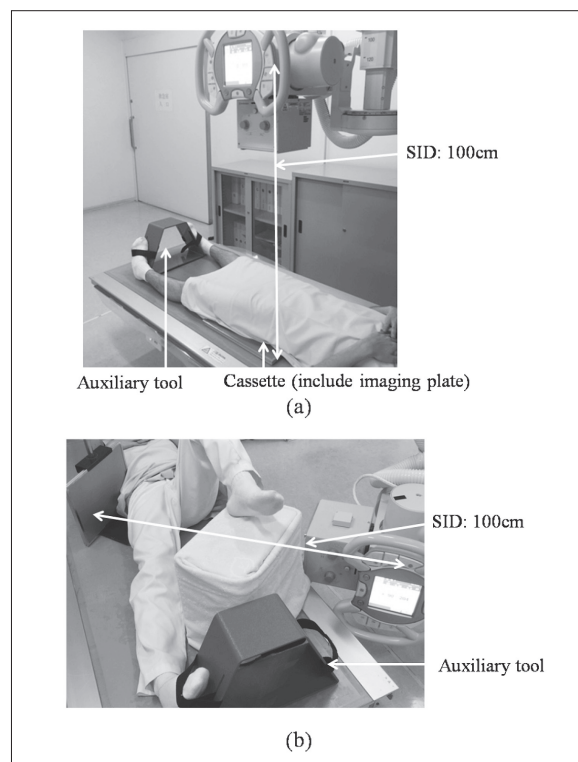


Fig.1 Geometry of hip joints frontal and axis views about general radiography. (a): frontal view, (b): axial view

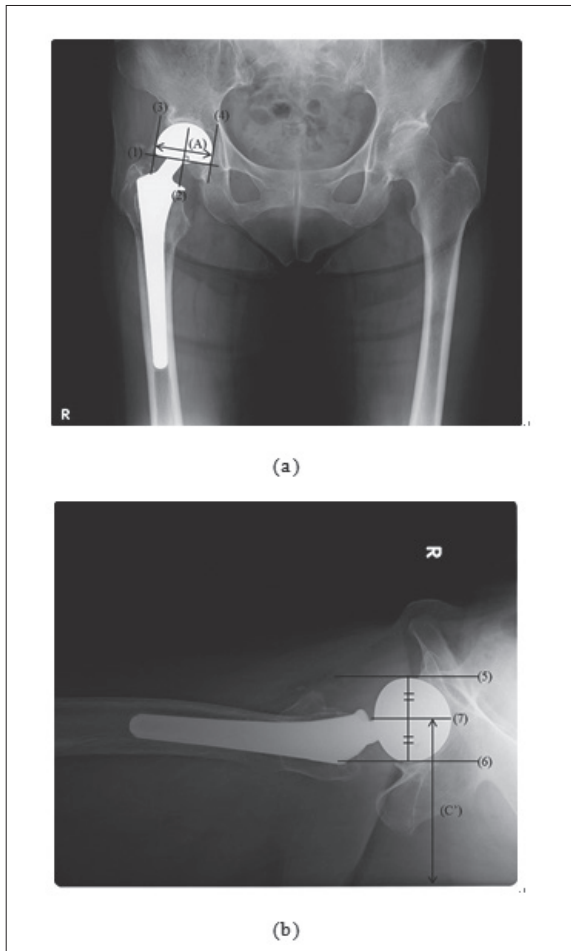


Fig.2 Measurement method to frontal and axial views

$$Y=A \times (b-C) / b$$

(Eq.1)

ここで、Yは考案法で求めた大腿骨頭径 (mm), Aは股関節正面像で計測した大腿骨頭径 (mm), bはSID (mm), Cは股関節軸位像で計測したTID (mm) を示す。

1.4. 幾何学的評価

従来法と考案法の計測精度を評価するために、人工骨頭を用いて幾何学的評価を行った。人工骨頭には、ストライカー社製のシステムワン バイポーラシステム (人工骨頭径: 43mm) を用いた。SIDは100cmで、人工骨頭は撮影台から10cmの位置で前捻角が15°となるように配置した。人工骨頭径の計測は診療放射線技師2人で行い、その平均値を用いた。管電圧は70kV、管電流は200mA、撮影時間は0.36secとし、ポジショニングおよびジオメトリーの違いにおける評価を行った。

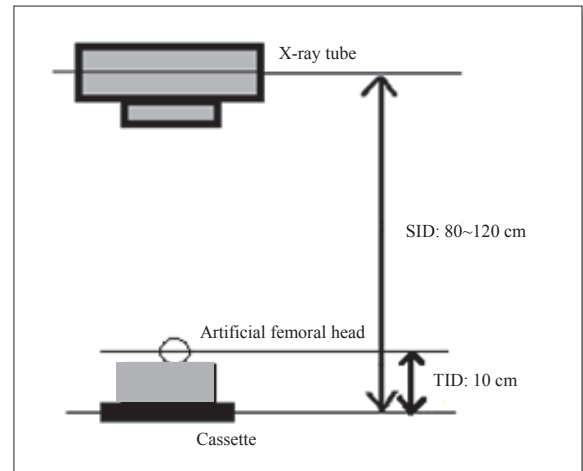


Fig.3 Geometry of hip joint frontal view by the difference of source image receptor distance (SID).

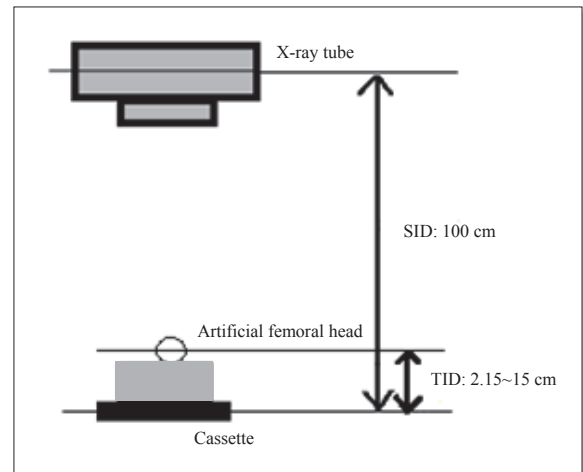


Fig.4 Geometry of hip joint frontal view by the difference of target-imaging plate distance (TID)

1.4.1. SIDの違いによる検討

人工骨頭の高さを10cmに固定してSIDを80, 90, 100, 110, 120cmと変化させて股関節正面撮影を行った。撮影ジオメトリーをFig.3に示す。またTIDを計測するために股関節軸位撮影を行った。それぞれのSIDで撮影した股関節正面像での人工骨頭径と股関節軸位像でのTIDを、画像参照ソフトウェアの計測ツールを用いて計測を行い、従来法および考案法で人工骨頭径を比較した。

1.4.2. TIDの違いによる検討

SIDを100cmに固定してTIDを2.15, 3, 5, 8, 10, 13, 15cmと変化させて撮影した。撮影ジオメトリーをFig.4に示す。またTIDを測定するために、そ

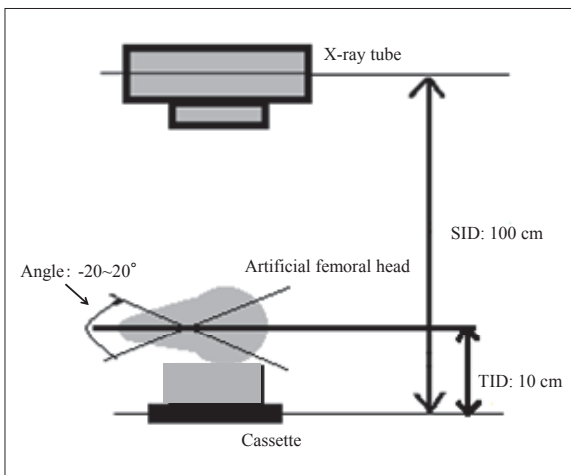


Fig.5 Geometry of hip joint frontal view by the difference of rotation angles for artificial femoral head.

それぞれのTIDで股関節軸位撮影を行った。それぞれのTIDで撮影した股関節正面像での人工骨頭径と股関節軸位像でのTIDを、画像参照ソフトウェアの計測ツールを用いて計測を行い、従来法および考案法で人工骨頭径を比較した。

1.4.3. 人工骨頭径の回旋角度の違いによる検討

SIDを100cm, TIDを10cmに固定して、回旋角度を前捻角15°基準に-20, -15, -10, -5, 5, 10, 15, 20°と変化させて撮影した。撮影ジオメトリをFig.5に示す。またTIDを測定するために、それぞれの回旋角度において股関節軸位撮影を行った。それぞれの回旋角度で撮影した股関節正面像での人工骨頭径と股関節軸位像でのTIDを、画像参照ソフトウェアの計測ツールを用いて計測を行い、従来法および考案法で人工骨頭径を比較した。

1.5. 臨床評価

対象は、平成24年11月~12月までに撮影した人工骨頭置換術後の被検者16例(男性5人,女性11人)とした。股関節正面および軸位撮影を行い、股関節正面像での大腿骨頭径と股関節軸位像でのTIDを、画像参照ソフトウェアの計測ツールを用いて計測を行った。人工骨頭径の計測は診療放射線技師2人で行い、その平均値を用いた。計測方法は事前に臨床画像を用いて4時間の演習を行い、誤差が少なくなるよう統一して行った。従来法で補正した値と考案法で補正した値を真値と比較した。真値は手術で挿入された人工骨頭径である。本研究において臨床画像を用いることは、当

院の倫理委員会の承認を受けている。

1.6. 統計解析

物理評価および臨床評価ともに、従来法と考案法の比較についてPaired t検定を用いて危険率5%で有意差検定を行った。

2. 結果

SIDの違いによる結果をFig.6に示す。従来法と考案法のSIDの違いによる誤差の平均は、それぞれ0.43mmと0.33mmであり、両者に有意差はなかった。しかし、従来法ではSIDが80cmの時に誤差が1mmを超えたが、考案法では全て1mm以内の誤差であった。TIDの違いによる結果をFig.7に示す。従来法と考案法のTIDの違いによる誤差の平均は、それぞれ1.93mmと0.22mmであり、考案法の方が有意に誤差は小さかった。また従来法では、TIDが8cmと10cmの場合のみ1mm以内で計測できたが、考案法では全て1mm以内の誤差であった。回旋角度の違いによる結果をFig.8に示す。従来法と考案法の回旋角度の違いによる誤差の平均は、それぞれ0.24mmと0.18mmであり、両者に有意差はなかった。また従来法と考案法ともに、全ての回旋角度で1mm以内の誤差で計測することができた。

臨床例における結果をFig.9に示す。従来法と考案法の誤差の平均は、それぞれ1.02mmと0.58mmであり、考案法の方が有意に誤差は小さかった。また1mm以上の誤差が生じたのは従来法で5例、考案法

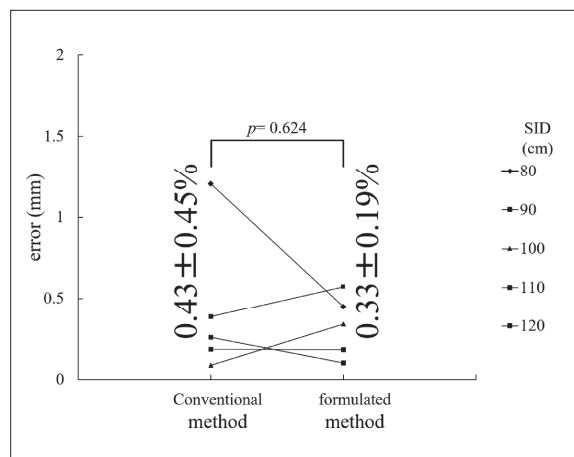


Fig.6 Comparison between conventional and formulated methods of the artificial femoral head measurement by the different of source image receptor distance (SID)

で1例であった。

3. 考察

人工骨頭置換術は、大腿骨頭部骨折時に外科的治療の手段として広く用いられている。人工骨頭置換術では、術前に股関節単純X線検査または股関節単純CT検査の画像を用いて人工骨頭サイズを予測して手術計画を行っており、予測した人工骨頭サイズと実際の人工骨頭径に誤差が生じると手術時間の延長につながり、被検者のQOLにも影響することが考えられる。人工骨頭サイズは1mm単位で存在し、計測の精度には1mm以下が求められる。しかし、従来法を用いた大腿骨頭径の計測では、SIDを正確に設定したとしても被検者間の体厚の違いにより拡大率に誤差が生じ、正確な大腿骨頭径を計測できず、手術時間に影響する可能性がある。それらを解決するために、股関節軸位撮影からTIDを計測し拡大率補正を行う方法を考案し、その精度を検証した。

幾何学的評価において、SIDの違いでは従来法と考案法で有意な差はなかった。しかし、従来法ではSIDが80cmの時に1mm以上の誤差となった。滝沢らの報告²⁾では、SIDは100cm固定とし0.909を乗ずることで拡大率補正を行っている。SIDが変化した場合、0.909の補正值を使用することが適正でないために誤差が生じた。従って従来法では、SIDは100cmで撮影することが必須条件であることが示唆された。しかし、考案法では撮影前にSIDを計測しておくことで、1mm以内の精度で人工骨頭サイズを予測することができた。これは、物理的にSIDが100cmで撮影できない検査室においても、精度よく大腿骨頭径を計測することが示された。TIDの違いでは、考案法の方が有意に誤差は小さかった。従来法では、被検者の体厚が考慮されていないために、どのTIDにおいても0.909を乗じて補正することとなっている。しかし、考案法ではTIDの違いについても補正できるために従来法よりも誤差が小さくなった。回旋角度においては、従来法および考案法ともに0.5mm以内の誤差で計測ができ、両者に有意差はなかった。その要因として、今回用いた人工骨頭の骨頭部分が球体になっており、どの回旋角度においても人工骨頭径に違いが見られなかったために差が生じなかったことが考えられる。しかし、人体の大腿骨頭は完全な球体でないために、回旋角度の違いで、大腿骨頭計測に誤差が生じる可能性がある。これらの影響については、今後、臨床症例を用いた追加検証が必要である。

臨床評価においては、従来法では1mm以上の誤差

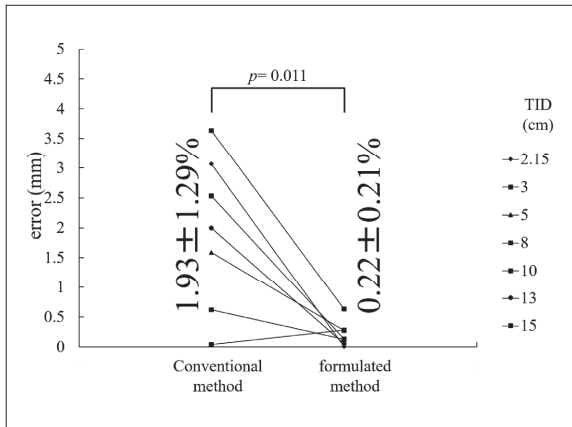


Fig.7 Comparison between conventional and formulated methods of the artificial femoral head measurement by the different of target-imaging plate distance (TID)

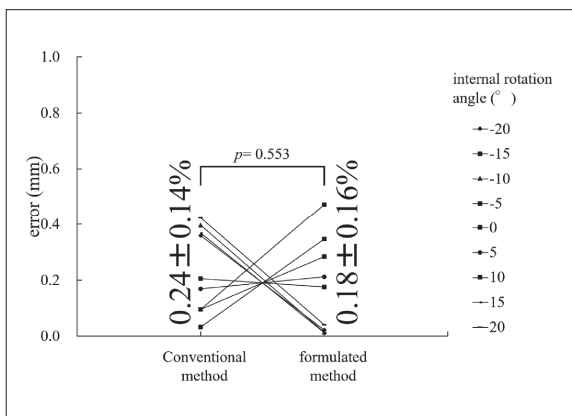


Fig.8 Comparison between conventional and formulated methods of the artificial femoral head measurement by the different of internal rotation angles

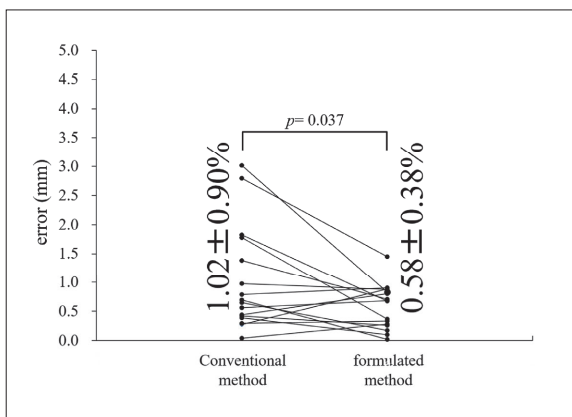


Fig.9 Comparison between conventional and formulated methods of femoral head measurement by clinical study

06

が5例で生じたが、考案法では1例だけとなり、その誤差も有意に考案法の方が小さくなった。考案法で1mmを超えてしまった症例の原因としては、撮影時のポジショニングで疼痛があり、正確なポジショニングができなかったことが考えられる。また正確なポジショニングができない被検者においては従来法でも約3mmの誤差を生じさせる要因となり、大腿骨頭計測では高いポジショニングの精度が必要であると考えられる。また今回の検討において、ポジショニングの精度については検証を行っていないので、今後、追加検証が必要である。

4. 結 語

股関節軸位撮影を用いることでTIDを精度よく測定することが可能となり、単純X線検査で大腿骨頭径の計測を1mm以内の精度で計測することができた。従来法で1mm以上の誤差が生じていた場合においても、考案法を用いることで精度よく計測することが可能となり、その有用性が示唆された。

参考文献

- 1) 大腿骨頭部/転子部骨折診療ガイドライン 改訂第2版. 20-26, 南江堂, 2011.
- 2) 滝沢博, 他: 人工骨頭径決定の簡便法およびその意義について. 臨床整形外科, 738-741, 1974.
- 3) 田浦智之, 他: 大腿骨頭の拡大率の検討—リングを用いての骨頭サイズの決定—. 整形外科と災害外科, 57, 548-552, 2008.
- 4) Nobuhiko Samoto, MD, et al.: Acetabular Diameter Measurement Determines Proper Prosthetic Head Size in Hemiarthroplasty for Femoral Head Osteonecrosis. The Journal of Arthroplasty, 23, 263-265, 2008.
- 5) 西本竜史, 他: 人工股関節・人工骨頭置換術における3D術前計画の有用性についての検討. Hip Joint, 32, 448-455, 2006.
- 6) 三嶋廣繁, 他: 整形外科領域における周術期感染対策—『骨・関節術後感染予防ガイドライン』における抗菌薬の使用基準と最近の考え方—. 201-206, メディカルレビュー社, 2011.
- 7) 野田知之, 他: 転子部骨折のガイドライン. 岡山医学会雑誌, 第122巻, 253-257, 2010.