

学位論文（博士）

changeable neck system を用いた人工股関節全置換  
術における大腿骨前捻角、股関節回旋および膝蓋骨  
傾斜角の評価

氏名 山崎 和大

所属 山口大学大学院医学系研究科  
医学専攻 整形外科学講座

令和5年8月

# 目次

1. 要旨	3
2. 研究の背景	4
3. 目的	4
4. 方法	
(1) 対象	4
(2) 方法	5
(3) 解析	6
5. 結果	6
6. 考察	7
7. 結語	8
8. 謝辞	8
9. 参考文献	8

## 1. 要旨

寛骨臼形成不全に伴う二次性変形性股関節症の患者では、大腿骨前捻角のばらつきが大きく、changeable neck systemは大腿骨前捻角を調節するために有用な方法の一つである。減捻neckがanatomical anteversion (以下AA)、femoral rotational angle (以下FRA)、functional anteversion (以下FA)の調節に有用と報告されているが、増捻neckについては明らかではない。また、人工股関節全置換術(Total hip arthroplasty, 以下THA)後に膝蓋骨傾斜角が外旋することが報告されているが、changeable neck systemが膝蓋骨傾斜角に与える影響についても報告がない。THAにおける増捻neckの有用性を明らかにするため、changeable neck systemとanatomical short stemを使用してTHAを施行した連続96例111関節において、後ろ向きに術前後のCTを調査した。年齢、body mass index(以下BMI)、手術進入法でpropensity score matchingを行った後に、straight neckと4mm-offset neckを用いたstraight群(以下ST群、34例)、15°増捻neckと15°増捻・3mm-offset neckを用いた増捻群(以下AV群、34例)に分けて解析を行った。ST群ではAAは術前後で変化しなかったが、AV群では14度増加していた。FRAは両群で術後に減少した。FAはST群で術後に減少したが、AV群では変化がなかった。膝蓋骨傾斜角は術前・術後共に両群で有意差は認めなかった。changeable neck systemでは、straight neck、増捻neckにより術前に意図した大腿骨前捻角を術後に獲得可能である一方で、膝蓋骨傾斜角には影響を与えていなかった。

## 2. 研究の背景

aseptic loosening を end point とした股関節疾患に対するセメントレス THA のインプラント生存率は術後 20 年で 90%以上である (1, 2)。近年、術後に可動域や運動などに対し制限を設けない傾向にあり、高い水準での患者満足度の獲得が広く求められている (3)。これらの患者においては、骨性インピンジメントまたはインプラントインピンジメントによる脱臼を予防するため、緻密な手術進入法、筋温存、軟部組織修復など様々な手法が行われている (4, 5)。インプラントインピンジメントを避けるために combined anteversion 理論が広く用いられており (6)、寛骨臼および大腿骨の前捻角を適切に調整することは重要である。

changeable neck system は THA における脚長、大腿骨 offset、大腿骨前捻角を調節できる (7-10)。また術前計画に基づいた大腿骨前捻角の再建が可能である (9)。腐食や stem-neck 接合部での折損が報告されているが (11-13)、これらは活動性が高い高体重の男性かつ、チタンとコバルトクロムによる異種金属の組み合わせで生じており (14)、欧米人と比較し平均体重の低い日本人での報告はない。

我が国では、変形性股関節症は寛骨臼形成不全に起因する二次性変形性股関節症が主体であり、大腿骨前捻角は極端に大きい症例から極端に小さい症例までばらつきが大きい (15)。そのような症例にとっては、changeable neck system は大腿骨前捻角を調整するために有用な方法の一つである (7-10)。Nakahara らは過度な大腿骨前捻角を持つ症例に対する THA において changeable neck system の減捻 neck の有用性について報告しており、anatomical anteversion (以下 AA)、femoral rotational angle (以下 FRA)、functional anteversion (以下 FA) を適切に調節可能と述べている (10)。しかしながら増捻 neck の有用性については調査がなく、その有用性は明らかになっていない。さらに THA 後の膝前面部痛が報告され、膝蓋骨傾斜角と関連があるとされるが (16)、changeable neck system による膝蓋骨傾斜角への影響は分かっていない。

## 3. 目的

THA における changeable neck system の増捻 neck の有用性を、術前後の AA、FRA、FA、膝蓋骨傾斜角を用いて明らかにすることである。

## 4. 方法

### (1) 対象

2018年11月から2020年12月までに changeable neck system と anatomical short stem(Mainstay, Kyocera, Kyoto, Japan)を用いてTHAを施行した連続96症例111関節を対象とした。性別は男性15名、女性81名、手術時平均年齢は63.5歳(25-87歳)、手術時平均BMIは24.0kg/m<sup>2</sup>(16.2-37.8kg/m<sup>2</sup>)であった。両側例が15例、片側例が81例であった。原疾患は変形性股関節症101例、大腿骨頭壊死症8例、リウマチ性関節症2例であった。1例を除く全症例で単独術者(T.S.)により、CT-based navigation system(CT Hip 1.1, Stryker, Mahwah, NJ)を使用してTHAを行った。手術進入法は、94例が後外側アプローチ、17例がmodified Watson-Jonesアプローチであった。

## (2) 方法

全患者で股関節・膝関節を含む全下肢の単純CTを術前および術後1-2週で撮影した。ヘリカルCT撮影(Aquilion Precision system, Toshiba Medical System, Tokyo, Japan)の際、患者は安静仰臥位とし、下肢回旋の意図的な調整は行わなかった。全パラメーターは任意の断面で再構成が可能なソフトウェア(3D-templateR; Kyocera, Kyoto, Japan)を用いて、解剖学的指標をマーキング後、各指標を測定した。座標系については、骨盤はfunctional pelvic plane、大腿骨はretrocondylar planeを用いた。

AA、FRA、FAはNakaharaの研究に従い、それぞれ術前および術後で測定した(10)(図1)。術前AAは大腿骨頸部軸と大腿骨後顆軸のなす角度と定義し、術後AAはchangeable neck軸と大腿骨後顆軸のなす角度と定義した。大腿骨後顆軸は大腿骨両顆部の最後方接点を結んだ直線と定義した。大腿骨頸部軸は頸部中央を通る直線と定義し(17,18)、changeable neck軸は骨頭中心とchangeable neckの中央を結ぶ直線と定義した。これらの測定の際には大腿骨頭直下のsliceを使用した(17,18)。FRAは大腿骨後顆軸と両上前腸骨棘を結んだ直線のなす角度と定義した(19)。FAは両上前腸骨棘を結んだ直線と大腿骨頸部軸またはchangeable neck軸のなす角度と定義した。つまり、FAはAAとFRAの合計となる。これら3つのパラメーターは外旋を正、内旋を負と定義した。

今回用いたchangeable neck systemは6種類のneckから構成され(図2)、straight neck 8例、4mm high offset neck 38例、15°増捻neck 12例、15°減捻neck 2例、15°増捻/3mm high offset neck 46例、15°減捻/3mm high offset neck 5例を使用した。changeable neckの選択は、combined anteversion理論に基づいて決定し(6)、大腿骨offsetについては対側を目標に調整した。後外側アプローチでは、術後AAが30°-35°となるように、術前AAが30°-35°ではstraight neck、30°未満では増捻neck、35°以上では減捻neckを選択した。modified Watson-Jonesアプローチでは、straight neck

または 4mm high offset neck を選択した。症例を straight neck と 4mm offset neck を使用した straight 群 (ST 群、n=46)、15° 増捻 neck と 15° 増捻/3mm high offset neck を使用した増捻群 (AV 群、n=58)、15° 減捻 neck と 15° 減捻/3mm high offset neck を使用した減捻群 (RV 群、n=7) に分けた。RV 群は症例数が少なく解析からは除外した。年齢、BMI、手術進入法で propensity score matching を行い、ST 群、AV 群それぞれ 34 関節で解析を行った (表 1)。

膝蓋骨傾斜角は Akiyama の報告に従い (16)、術前後の CT で測定した (図 3)。膝蓋骨傾斜角は膝蓋骨の両端を通る直線と大腿骨後顆軸のなす角度と定義し、外旋を正とした。水平断像で最も膝蓋骨が大きくなる slice で測定を行った。

### (3) 解析

得られた結果が正規分布かを確認するため、Shapiro-Wilk 検定を行い、正規分布であった場合は対応のない t 検定、非正規分布であった場合は Mann-Whitney U 検定を用いた。統計学的有意差は  $p < 0.05$  とし、統計解析は JMP Pro statistical software, version 15 (SAS Institute Inc., North Caroline, USA) を用いた。

## 5. 結果

術前 AA は ST 群と比較し AV 群で有意に小さく (ST 群  $31.7^\circ \pm 9.7^\circ$ 、AV 群  $19.7^\circ \pm 9.4^\circ$   $p < 0.0001$ )、術後 AA は両群で有意差を認めなかった (ST 群  $31.2^\circ \pm 9.6^\circ$ 、AV 群  $33.7^\circ \pm 11.5^\circ$   $p = 0.336$ ) (表 2)。術前後での AA の平均変化量は ST 群で  $-0.5^\circ \pm 3.0^\circ$ 、AV 群で  $14.0^\circ \pm 8.2^\circ$  であった。

術前 FRA は AV 群と比較し ST 群で有意に小さく (ST 群  $-6.7^\circ \pm 11.4^\circ$ 、AV 群  $3.0^\circ \pm 10.4^\circ$   $p = 0.0003$ )、術後 FRA は両群で有意差を認めなかった (ST 群  $-16.0^\circ \pm 11.9^\circ$ 、AV 群  $-11.3^\circ \pm 12.3^\circ$   $p = 0.115$ ) (表 2)。両群で大腿骨は術後に内旋していた。AA と FRA には、両群で術前術後共に有意な相関を認めた (術前 ST 群  $R = 0.675$ 、 $p < 0.0001$ ) (図 4a)、(術前 AV 群  $R = 0.468$ 、 $p = 0.0002$ ) (図 4b)、(術後 ST 群  $R = 0.677$ 、 $p < 0.0001$ ) (図 4c)、(術後 AV 群  $R = 0.523$ 、 $p < 0.0001$ ) (図 4d)。

ST 群では FA は術後に変化したが (術前 FA  $25.0^\circ \pm 10.2^\circ$ 、術後 FA  $15.0^\circ \pm 8.8^\circ$ )、AV 群では有意な変化を認めなかった (術前 FA  $22.7^\circ \pm 11.1^\circ$ 、術後 FA  $22.7^\circ \pm 11.5^\circ$ ) (表 2)。術前 FA に両群で有意差は認めなかったが、術後 FA は ST 群と比べて AV 群で有意に大きかった ( $p = 0.0026$ )。

ST 群と AV 群で術前後の膝蓋骨傾斜角に有意差は認めなかった (ST 群 術前  $12.4^{\circ} \pm 5.3^{\circ}$ 、術後  $14.1^{\circ} \pm 5.4^{\circ}$ 、AV 群 術前  $11.4^{\circ} \pm 4.7^{\circ}$ 、術後  $13.6^{\circ} \pm 5.0^{\circ}$ )。両群で膝蓋骨傾斜角の術前後変化量に有意差は認めなかった (表 3)。両群共に術前と比較し術後に膝蓋骨傾斜角は有意に増加していた (ST 群  $p=0.0008$ 、AV 群  $p=0.0104$  (対応のある t 検定))。

## 6. 考察

changeable neck system の増捻 neck の有用性を術前後の AA、FRA、FA、膝蓋骨傾斜角を調査することで明らかにした。

AV 群の術前 AA は ST 群と比べて有意に小さかった。術後 AA は  $30^{\circ} - 35^{\circ}$  に再建され、両群で有意差はなかった。ST 群での術前 FRA は AV 群と比べて有意に小さかったが、術後の FRA は減少し両群間で有意差を認めなかった。ST 群、AV 群間で術前 FA に有意差は認めなかったが、術後 FA は AV 群と比較し ST 群で有意に減少していた。膝蓋骨傾斜角は、術前術後ともに ST 群と AV 群の間に有意差を認めなかった。

術後 AA は両群で  $30^{\circ} - 35^{\circ}$  に再建されていた (20)。これらの結果は術前 AA に基づいて straight neck と増捻 neck を使用することが適切であることを示唆している。さらに AA の術前後変化量は ST 群で  $-0.5^{\circ}$ 、AV 群で  $14.0^{\circ}$  と理論値とほぼ等しい結果であった。本研究における changeable neck の正確性については、大腿骨髄腔と前捻角に沿うように挿入される anatomical short stem の使用がこれらの結果に影響している可能性がある (20)。

両群で FRA は術後に減少しており、大腿骨は術後に内旋していた。Uemura らは、大腿骨顆部が THA 後に内旋し、その傾向が術後 2 年の時点でも持続していたことを報告している (19)。同様の傾向が changeable neck system における straight neck と減捻 neck の使用でも認められた (10)。Uemura らは、股関節疾患による関節面の不適合性や外旋拘縮が THA により解除されることで、FRA が減少し大腿骨が内旋すると述べている (21)。FRA の術前後変化量が AA の術前後変化量と比べて straight neck と増捻 neck で比例しておらず、THA 後の大腿骨の内旋は、中殿筋前方線維や大腿筋膜張筋を含む股関節周囲筋や大腿骨 offset、脚長差などの影響があるかもしれない (22, 23)。これについては追加の検討が必要である。

術前 FA は ST 群と AV 群で有意差なく、ST 群で術後に FA が減少していた。ST 群では、術後に AA が変化しなかったが FRA は減少し、FRA の変化より FA が変化していた。AV 群では、AA の増加量が FRA の減少量を打ち消したために FA が変化しなかったと考えられる。

ST 群と AV 群で膝蓋骨傾斜角は THA 後に増加し、Akiyama らが報告した結果と同様であった(16)。ST 群と AV 群で術前術後の膝蓋骨傾斜角に有意差は認めなかった。増捻 neck と straight neck による膝蓋骨傾斜角への影響の違いは今回の検討では明らかにならなかった。

本研究には 2 つの limitation がある。まず、年齢、BMI、手術進入法で propensity score matching を行っており、症例数が少なくなったことである。しかし以前の changeable neck system を用いた報告と同等の症例数である(10)。次に、今回の結果は術前と術後 1-2 週と、術直後での比較から得られた結果であり、これらの傾向がその後も持続するかは不明であり、今後も調査を継続していく必要がある。

## 7. 結語

THA における changeable neck system を用いた AA、FRA、FA、膝蓋骨傾斜角の影響を straight neck と増捻 neck で比較し調査した。AA は ST 群では変化せず、AV 群では 14.0° 増加し、両群共に術後には 30-35° に再建されていた。FRA は両群で術後に減少していた。FA は ST 群で術後に減少していたが、AV 群では変化しなかった。straight neck と増捻 neck は AA を調整可能であり、膝蓋骨傾斜角に影響を与えなかった。

## 8. 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号 JP20K11254）の支援を受けて行われた。

## 9. 参考文献

1. Ateschrang A, Weise K, Weller S, et al. Long-term results using the straight tapered femoral cementless hip stem in total hip arthroplasty: a minimum of twenty-year follow-up. J Arthroplasty. 2014;29:1559-65.
2. McLaughlin JR, Lee KR. Total hip arthroplasty with an uncemented tapered femoral component in patients younger than 50 years of age: a minimum 20-year follow-up study. J Arthroplasty. 2016;29:1275-8.
3. Carli AV, Poitras S, Clohisy JC, et al. Variation in use of postoperative precautions and equipment following total hip arthroplasty: a survey of the AAHKS and CAS membership. J Arthroplasty. 2018;33:3201-5.



4. Siguier T, Siguier M, Brumpt B. Mini-incision anterior approach does not increase dislocation rate. A study of 1037 total hip replacements. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;426:164-73.
5. Bertin KC, Röttinger H. Anterolateral mini-incision hip replacement surgery: a modified Watson-Jones approach. *Clin Orthop Relat Res.* 2004;429:248-55.
6. Widmer KH, Zurhuf B. Compliant positioning of total hip components for optimal range of motion. *J Orthop Res.* 2004;22:815-21.
7. Sakai T, Sugano N, Nishii T, et al. Optimizing femoral anteversion and offset after total hip arthroplasty, using a modular femoral neck system: an experimental study. *J Orthop Sci.* 2000;5:489-94.
8. Sakai T, Sugano N, Ohzono K, Nishii T, Haraguchi K, et al. Femoral anteversion, femoral offset, and abductor lever arm after total hip arthroplasty using a modular femoral neck system. *J Orthop Sci.* 2002;7:62-7.
9. Sariali E, Mouttet A, Paquier G, et al. Accuracy of reconstruction of the hip using computerized three-dimensional preoperative planning and a cementless modular neck. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91-B:333-40.
10. Nakahara E, Uemura K, Ando W, et al. Effect of a modular neck hip prosthesis on anteversion and hip rotation in total hip arthroplasty for developmental dysplasia of the hip. *J Artif Organs.* 2020;23:255-61.
11. Wilson DA, Dunbar MJ, Amirault JD, et al. Early failure of a modular femoral neck total hip arthroplasty component: a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:1514-7.
12. Wright G, Sporer S, Urban R, et al. Fracture of a modular femoral neck after total hip arthroplasty: a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:1518-21.
13. Atwood SA, Patten EW, Bozic KJ, et al. Corrosion-induced fracture of a double-modular hip prosthesis: a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2010;92:1522-5.
14. Meftah M, Haleem AM, Burn MB, et al. Early corrosion-related failure of the Rejuvenate modular total hip replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:481-7.

15. Noble PC, Kamaric E, Sugano N, et al. Three-dimensional shape of the dysplastic femur: implication for THR. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;417:27-40.
16. Akiyama K, Nakata K, Kitada M, et al. Changes in axial alignment of the ipsilateral hip and knee after total hip arthroplasty. *Bone Joint J.* 2016;98-B:349-58.
17. Sugano N, Noble PC, Kamaric E. A comparison of alternative methods of measuring femoral anteversion. *J Comput Assist Tomogr.* 1998;22:610-4.
18. Sugano N, Noble PC, Kamaric E, et al. The morphology of the femur in developmental dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg Br.* 1998;80:711-9.
19. Uemura K, Takao M, Hamada H, et al. Change in axial rotation of the femur in the resting supine position following total hip arthroplasty. *Artif Organs.* 2018;42:290-6.
20. Abe H, Sakai T, Takao M, et al. Difference in stem alignment between the direct anterior approach and the posterolateral approach in total hip arthroplasty. *J Arthroplasty.* 2015;30:1761-6.
21. Uemura K, Takao M, Sakai T, et al. The validity of using the posterior condylar line as a rotational reference for the femur. *J Arthroplasty.* 2016;31:302-6.
22. Semciw AI, Pizzari T, Murley GS, et al. Gluteus medius: an intramuscular EMG investigation of anterior, middle and posterior segments during gait. *J Electromyogr Kinesiol.* 2013;23:858-64.
23. Delp SL, Hess WE, Hungerford DS, et al. Variation of rotation moment arms with hip flexion. *J Biomech.* 1999;32(5):493-501

表 1.

	ST 群	AV 群	p 値
症例数/関節数	30 / 34	30 / 34	
年齢 (歳)	63.4±10.5	63.0±10.4	0.859
身長 (cm)	154.8±6.6	155.6±9.0	0.927
体重 (kg)	57.3±10.7	56.7±10.6	0.893
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	23.9±4.0	23.4±3.7	0.873
術側 (右/左)	21 / 13	18 / 15	0.549
手術進入法			
後外側	32	32	1.0000
Modified Watson-Jones	2	2	

表 2.

	全症例 (N=68)	ST 群 (N=34)	AV 群 (N=34)	p 値
術前				
AA (°)	25.7±11.2	31.7±9.7	19.7±9.4	<0.0001
FRA (°)	-1.8±11.4	-6.7±10.3	3.0±10.4	0.0003
FA (°)	23.9±10.6	25.0±10.2	22.7±11.1	0.375
術後				
AA (°)	32.5±10.6	31.2±9.6	33.7±11.5	0.336
FRA (°)	-13.6±12.2	-16.0±11.9	-11.3±12.3	0.115
FA (°)	18.8±10.9	15.0±8.8	22.7±11.5	0.0026
術前後変化量				
AA (°)	6.8±9.5	-0.5±3.0	14.0±8.2	<0.0001
FRA (°)	-11.8±8.6	-9.3±8.3	-14.3±8.3	0.0158
FA (°)	-5.0±11.2	-10.1±8.9	0.0±11.1	0.0001

表 3.

	全症例 (N=68)	ST 群 (N=34)	AV 群 (N=34)	p 値
膝蓋骨傾斜角				
術前 (°)	11.9±5.0	12.4±5.3	11.4±4.7	0.403
術後 (°)	13.8±5.2	14.1±5.4	13.6±5.0	0.717
術前後変化量 (°)	2.0±3.4	1.7±3.2	2.2±3.7	0.632

图 1.

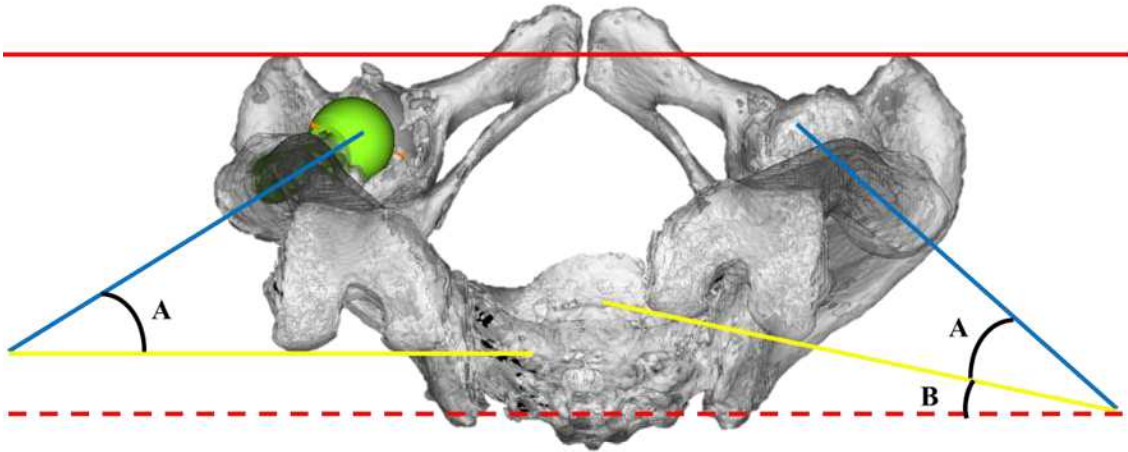


图 2.

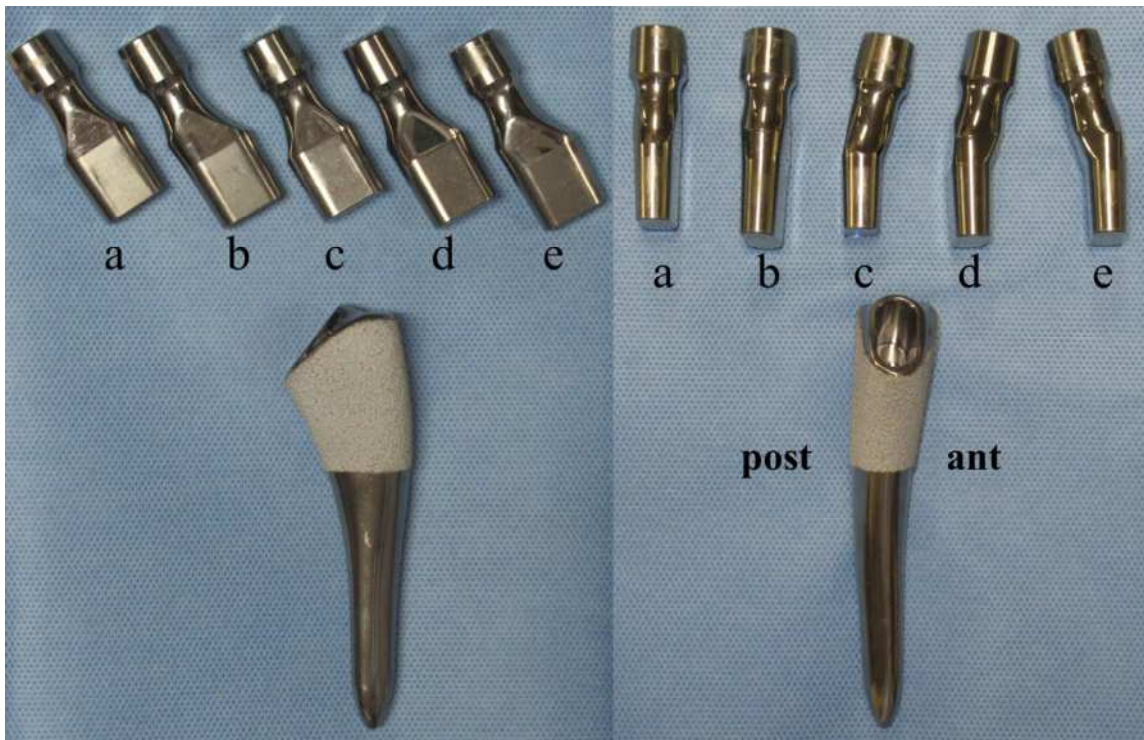


图 3.

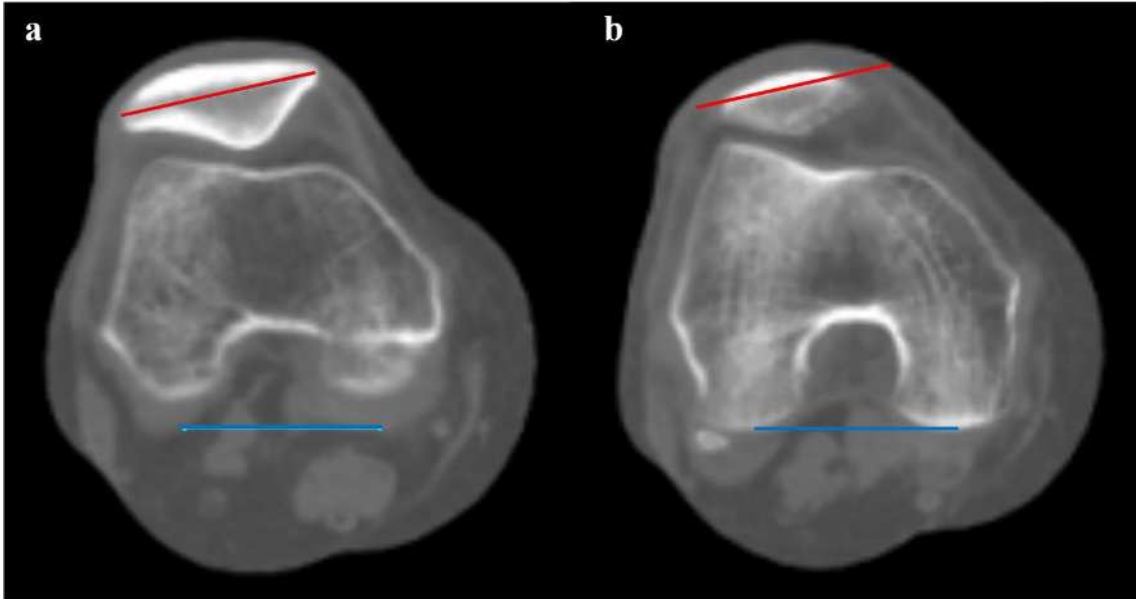


図 4.

