

博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名	高橋 勇樹
学位	博士 (医学)
学位記番号	新大院博 (医) 第 1125 号
学位授与の日付	令和5年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
博士論文名	Postoperative femoral anteroposterior position while standing correlates with the posterior tibial slope and posterior femoral condylar offset in medial pivot total knee arthroplasty. (Medial pivot 型人工膝関節全置換術後の荷重下大腿骨前後位置に脛骨後傾と大腿骨後顆オフセットが関連する)
論文審査委員	主査 教授 松田 健 副査 教授 石川 浩志 副査 講師 近藤 直樹

博士論文の要旨

【背景】

一般的な人工膝関節全置換術 (TKA) において前十字靭帯 (ACL) は切除されるが、TKA の前後安定性を規定する因子として、インプラントの種類やインサート形状、拘束性、また軟部組織や靭帯の tension といったものが報告されている。

一方、村山らの ACL 不全膝での検討では、膝伸展位付近で大腿骨が後方化し前後移動量が増加していたことが報告されているが、同様に TKA における伸展位付近での大腿骨後方化も paradoxical anterior motion を引き起こし、関節不安定性を惹起すると報告されている。したがって、TKA における前後安定性の獲得には大腿骨後方化の予防が重要である可能性が示唆される。

本研究では、TKA 後の荷重下における脛骨に対する大腿骨前後位置を A-P position と定義するが、過去に A-P position や前後安定性に影響する因子として、先ほど述べたようなインプラントの種類や後十字靭帯 (PCL) の有無、脛骨の後傾、大腿骨後顆オフセット (PCO) の減少といった要素が報告されている。しかしこれらは、非荷重での検討であったり、荷重下であっても X 線やフルオロでの二次元評価であり、インプラントの種類、設置角度やそれによって生じる PCO 変化、さらに結果として得られる立位三次元下肢アライメント (FT アライメント) がどのように A-P position に影響しているかは明らかになっていない。

【目的】

本研究の仮説を、「A-P position は、インプラント設置角度、PCO 変化、FT アライメントによって影響を受け、さらにこれらの関連がインサートの形状によって異なる」とし、本仮説の証明を本研究の目的とした。

【対象】

対象は、申請者の施設にて内側型変形性膝関節症対して Medial pivot 型 TKA (MP) を施行し1年以上経過した症例のうち、①外反膝、②関節リウマチ、③膝外傷や膝手術の既往、④過度な不安定性 (内外反、前後

動揺性が 5mm 以上)、⑤10 度以上の過伸展膝、⑥多方向の不安定性、⑦調査項目の不備を除外した 126 膝で女性 81 例である。平均年齢は 75 歳、経過観察期間は 54 か月であった。

#### 【方法】

手術手技は三次元計画に基づく Measured resection 法で目標アライメントは冠状面はメカニカルアライメント、矢状面は大腿骨はおおむね 2~3° 屈曲、脛骨後傾に関しては、前半の 71 膝は外側の後傾に概ね平行、後半 55 膝は機能軸から 3° 後傾とした。回旋は大腿骨は surgical epicondylar axis、脛骨は Akagi line に平行とした。

軟部組織や靭帯の処置に関して、軟部組織剥離は必要最小限とし、すべての骨棘は切除した。内外反バランスは、伸展及び屈曲ともに内反バランスはおおむね 5° まで許容し、外反バランスは許容しないものとした。使用機種は、マイクロポート社のアドバンスとエボリューションで、それぞれ 29 膝、97 膝、いずれも MP である。これら 2 機種は、大腿骨インプラントの 90° 以上における深屈曲域で摺動面形状が多少異なるが、伸展域ではほぼ同形状であり、今回の研究で着目する立位伸展位での評価には大きく影響しないものと判断した。インサートの選択に関しては、PCL を温存もしくは脛骨側で部分切除した場合は後方リップの高さが低減された CR 型、PCL を切除した例では典型的な MP 型のボールソケット形状である CS 型を選択した。内訳は、CR が 70 膝、CS が 56 膝であった。

膝アライメントの評価法は三次元下肢アライメント測定システム KneeCAS を用い、FT アライメントとインプラント設置状態を解剖学的座標系に基づいて三次元的に評価した。検討項目は、インプラント設置角度は、前額面矢状面では機能軸との成す角、横断面では、SEA とのなす角として計測した。FT アライメントは、内外反角、伸展角、回旋角を各々対応する座標平面に投影して三次元的に計測した。A-P position は大腿骨座標原点の前後方向位置を脛骨座標 y 軸値で評価した値として計測した。PCO 変化は、佐藤らの手法に従い、骨に設定した座標系に基づき術前における大腿骨最後方点が術後いかに変化したかを内外側別々に算出した。統計学的検討は、まず A-P position と各検討項目の相関を調査し、相関係数 0.2 以上を相関ありとし、うち、手術でコントロール可能な因子を重回帰分析した。同様の検討を CR 群及び CS 群でそれぞれでも行い、有意水準を 5%以下とした。

#### 【結果】

A-P position と有意な相関を認めた因子のうち手術でコントロール可能な因子は、脛骨後傾 ( $p < 0.001$ )、内外側の PCO 変化 ( $p = 0.006$ ,  $p = 0.018$ ) であった。これらを重回帰分析すると脛骨後傾 ( $p < 0.001$ ) が最も強く影響する因子であった。続いて、CR 群 CS 群での同様の検討では、CR 群で脛骨後傾 ( $p = 0.039$ )、内外側の PCO 変化 ( $p = 0.013$ ,  $p = 0.016$ ) が、また CS 群では脛骨後傾 ( $p = 0.023$ ) のみが有意に相関していた。それぞれ重回帰分析すると CR 群では脛骨後傾 ( $p < 0.001$ ) が最も強く関連し、CS 群でも脛骨後傾 ( $p = 0.009$ ) が有意に関連していた。

#### 【考察】

本研究におけるもっとも重要な結果は、手術でコントロール可能かつ、術後 A-P position に影響する因子は脛骨後傾の増大と PCO の減少であり、CR では双方とも影響していたのに対し、CS では脛骨後傾のみ影響していたということである。

まず、脛骨後傾と A-P position の関連に関して、他機種での報告では脛骨後傾は 7° 以下が適切といった報告があるが、MP での報告は少なく、MP の CR での報告では、後傾 8° 以上で、屈曲早期に大腿骨が後方化する傾向にあったとされている。本研究では、CR、CS 共に脛骨後傾が A-P position に最も強く影響していた。理論的には、conformity の高い CS を使用することで、脛骨後傾による大腿骨後方化は抑制できるのではと予想されたが、本研究では CR、CS ともに影響しており、インサートの形状、拘束性のみでは脛骨後傾による影響はキャンセルできない可能性が示唆された。したがって、インサートの種類にかかわらず、脛骨の過

後傾は避けるべきと考えられる。

一方、PCO 変化との関連については、PCO が 2mm 以上減少すると後方カプセルの弛緩により伸展位での関節弛緩性に起因する Mid flexion instability を惹起するといった報告がある。本研究では、CR のみ PCO 減少と関連しており、PCO 減少による影響を CS の形状による高い拘束性が補完している可能性が考えられた。したがって CR ではより PCO 減少に注意が必要といえるかもしれない。

本研究の限界として、女性みのシリーズであること、PCL による影響を調査していないこと、動的な解析ができていないことが挙げられ、脛骨後傾及び PCO 変化のカットオフ値や A-P position と臨床成績との関連も不明であり、今後の調査課題にしたいと考える。

#### 【結論】

TKA 術後の A-P position には脛骨過後傾と PCO 減少が関連していた。インサート形状でみると、CR 型では脛骨過後傾及び PCO 減少が、CS 型では脛骨過後傾のみが A-P position と関連していた。

#### 審査結果の要旨

#### 【方法】

内側型変形性膝関節症対して Medial pivot 型人工膝関節置換術を施行し 1 年以上経過した 126 膝（女性 81 例、平均年齢は 75 歳、経過観察期間 54 か月）を対象に膝アライメントを三次元下肢アライメント測定システム KneeCAS を用い三次元的に評価した。

検討項目は、インプラント設置角度、立位三次元下肢アライメント（FT アライメント）を内外反角、伸展角、回旋角を各々対応する座標平面に投影して三次元的に計測した。脛骨に対する大腿骨の前後位置（A-P position）は大腿骨座標原点の前後方向位置を脛骨座標 y 軸値で評価した値として計測した。

統計学的検討は、まず A-P position と各検討項目の相関を調査し、うち、手術でコントロール可能な因子を重回帰分析し、有意水準を 5%以下とした。また、インサートの形状別（CR 型もしくは CS 型）でも解析を行なった。

#### 【結果】

A-P position と有意な相関を認めた因子のうち手術でコントロール可能な因子は、脛骨後傾 ( $p < 0.001$ )、大腿骨後顆オフセット (PCO) 変化 ( $p = 0.006$ ,  $p = 0.018$ ) であった。これらを重回帰分析すると脛骨後傾 ( $p < 0.001$ ) が最も強く影響する因子であった。

#### 【考察】

本研究におけるもっとも重要な結果は、手術でコントロール可能かつ、術後 A-P position に影響する因子は脛骨後傾の増大と PCO の減少であり、CR では双方とも影響していたのに対し、CS では脛骨後傾のみ影響していたということである。CR、CS 共に脛骨後傾が A-P position に最も強く影響していた。したがって、インサートの種類にかかわらず、脛骨の過後傾は避けるべきと考えられる。

上記のごとく本研究により人工膝関節置換術後における大腿骨—脛骨の荷重時の詳細な前後位置変化、ならびにそれに影響を及ぼす因子が明らかとなった。この点において学位論文としての価値を認める。