

## Malrotated Tibial Component Increases Medial Collateral Ligament Tension in Total Knee Arthroplasty

(人工膝関節置換術の脛骨コンポーネント回旋設置異常が側副靭帯と関節面圧に及ぼす影響)

【目的】人工膝関節置換術(以下 TKA)における脛骨コンポーネント回旋設置異常は、術後疼痛など多様な合併症を惹起する。特に、脛骨コンポーネント内旋位設置は、外旋位設置より重度の合併症を生じると報告されているが、生体力学的な原因は不明である。本研究の目的は、コンピュータシミュレーションを用いて、スクワット荷重下の脛骨コンポーネント回旋設置異常が、側副靭帯及び関節面圧へ及ぼす影響を検討することである。

【方法】過去の解剖学的研究より得られた軟部組織の力学特性をシミュレーターへ入力し、後十字靭帯温存型 TKA を用いて解析した。脛骨コンポーネント形状は、大腿骨-脛骨コンポーネント間の回旋拘束性が異なる 3 種類(高拘束型、標準型、低拘束型)を用いた。脛骨コンポーネントの回旋位置は、脛骨前後軸を中間位として、内外旋 15°まで 5°刻みに変化させた。その際に内外側側副靭帯(以下 MCL、LCL)へかかる伸張力、大腿脛骨関節及び膝蓋大腿関節間の接触力についてシミュレーターで解析を行い、有限要素解析により接触圧を算出した。

【結果】スクワット動作時の MCL へ加わる伸張力は、標準型脛骨コンポーネント中間位設置において最大 64N であったが、15°内旋位では最大 285N と約 4 倍に増加した。15°外旋位では最大 69N とほとんど変化しなかった。脛骨コンポーネントの形状は、中間位設置では MCL への伸張力に変化を与えなかったが、15°内旋位設置では高拘束型は MCL への伸張力を約 15%上昇させ、低拘束型は約 15%低下させた。しかし外旋位設置においては著明な変化を認めなかった。LCL へかかる伸張力は、回旋設置位置、コンポーネント形状によりほとんど変化しなかった。大腿脛骨関節及び膝蓋大腿関節の接触力はすべての状況で概ね一定であったが、回旋設置異常における接触圧計測では、大腿脛骨関節は 6.6N(中間位)から 9.6N(15°内旋位)に、膝蓋大腿関節は 54N(中間位)から 106N(15°内旋位)に上昇した。

【考察】本研究において、脛骨コンポーネント内旋位設置により MCL へかかる伸張力が高くなる可能性が示され、術後疼痛や拘縮の一因と考えられた。一方、外旋位設置の影響は僅かであり、その理由として MCL の解剖学的走行方向が関与していると考察した。MCL の大腿骨付着部は脛骨付着部よりも後方に位置しており、脛骨コンポーネントが内旋位に設置されると、大腿骨も共に内旋するため、MCL の大腿骨付着部は脛骨付着部に対して更に後方に移動する。従って、MCL の付着部間距離が延長し、MCL の過緊張に繋がると思われた。また、脛骨コンポーネント外旋位設置により MCL 付着部間距離は短縮するため、MCL への伸張力に大きな変化を生じなかった。対して、LCL は関節面にほぼ垂直に走行しているため、脛骨コンポーネント回旋設置異常の影響を受けにくいと推測した。コンポーネント間の接触圧も脛骨コンポーネント内旋位設置で上昇し、特に膝蓋骨の接触圧は約 2 倍に上昇した。その

原因として、前述のように大腿骨が内旋することで、大腿骨コンポーネントに対して膝蓋骨の外側変位を生じ、接触面積が減少すると考えられた。これらの影響は、大腿骨-脛骨コンポーネント間の拘束性が高くなるほど顕著であった。

**【結論】**コンピュータシミュレーションを用いてTKAの脛骨コンポーネント回旋設置異常モデルを作成し、その影響を検討した。脛骨コンポーネント内旋位設置により、MCLの過緊張及びコンポーネント間の接触圧上昇を認めた。本研究は、脛骨コンポーネント内旋位設置が臨床成績を低下させる一因を明らかにした。