

京都大学	博士 ( 医 学 )	氏 名	渡 邊 睦
論文題目	Impact of intraoperative adjustment method for increased flexion gap on knee kinematics after posterior cruciate ligament-sacrificing total knee arthroplasty (後十字靭帯切除型人工膝関節置換術における膝屈曲時の関節開大に対する術中対処法が術後機能に及ぼす影響)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>【目的】人工膝関節置換術(以下 TKA)において、膝関節伸展から屈曲にかけて関節間隙を一定に保つことは、関節安定性に寄与し、術後成績を向上させる。しかし、後十字靭帯を切除する機種では、術中に膝関節屈曲時の関節間隙(屈曲 gap)が過度に開大する場合がある。その対処法として、大腿骨遠位骨切りを追加して脛骨インサート厚で補填、大腿骨コンポーネントを屈曲位に設置、大きい大腿骨コンポーネントを使用、などの方法が術中に試みられている。しかし、どの方法が適切な対処かは議論の余地がある。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、過度な屈曲 gap を補填する各々の対処法が、膝関節動態に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から得られた軟部組織の力学特性をシミュレーターに入力し、後十字靭帯切除型 TKA を用いて解析した。下肢機能軸に合わせて設置した標準 TKA モデルを用いて、膝関節 90° 屈曲 gap を 4mm、2mm 開大したモデルを作成した。次に、4mm、2mm 開大した屈曲 gap モデルに対応した補填方法として、大腿骨コンポーネントを 4mm、2mm 近位に設置し、脛骨インサートを 4mm、2mm 厚くしたモデル(関節面上昇モデル)、大腿骨コンポーネントを 7°、3° 屈曲位に設置したモデル(屈曲設置モデル)、大きいサイズの大腿骨コンポーネントを使用したモデル(アップサイズモデル)を作成した。これらのモデルから、スクワット運動時の、脛骨に対する大腿骨内外側顆最下点の回旋と前後移動、大腿脛骨関節及び膝蓋大腿関節間の接触力について解析を行い、有限要素解析法により接触圧も算出した。【結果】(1)4mm 開大した gap の補填モデル a) 大腿骨回旋運動：標準モデルは、膝関節屈曲 60° で大腿骨コンポーネントが 2.2° 外旋した。4mm 関節面上昇モデルは 0.8° 外旋、アップサイズモデルは 2.8° 外旋したのに対し、7° 屈曲設置モデルは 1.3° 内旋した。b) 大腿骨コンポーネント前後移動量：4mm 関節面上昇モデルは、他のモデルより約 2 倍の 10.2mm 前方移動を生じた。c) 大腿脛骨関節間接触圧：膝伸展時では、標準モデルは 7.9MPa であり、7° 屈曲モデルにおいて 15.9MPa と上昇した。屈曲 90° では、標準モデルは 8.0MPa であり、4mm 関節面上昇モデルにおいて 9.8MPa へ上昇し、アップサイズモデルは 5.8MPa と低下した。d) 膝蓋大腿関節間接触圧：標準モデルでは 90MPa であり、4mm 関節面上昇モデルでは 185MPa との 2 倍以上に上昇した。(2) 2mm 開大した gap の補填モデル：すべての対処法で、標準モデル同等の膝関節動態を維持した。【考察】本研究において、4mm 屈曲 gap 補填の対処法として、4mm 関節面上昇モデルは、膝関節屈曲時の大腿骨コンポーネントの過度な前方移動を認め、膝蓋大腿関節接触圧上昇に至った。また、大腿骨コンポーネント屈曲位設置による対処は、脛骨インサートの接触圧上昇と膝関節屈曲時の大腿骨外旋量減少を生じた。膝関節伸展時の、脛骨インサートと大腿骨コンポーネントの前方での早期接触が影響したと考察した。一方、アップサイズモデルは、屈曲中の大腿骨外旋量を維持しながら接触圧も減少し、膝関節動態への影響が最も少ない対処法であった。【結論】本研究は、コンピュータシミュレーションを用いて TKA の屈曲 gap 補填モデルを作成し、手術中における対処法による術後膝関節動態への影響を比較したはじめての研究である。4mm の過度な屈曲 gap 増加を、大腿骨コンポーネント関節面上昇と屈曲設置により対処することは、膝関節動態に悪影響を及ぼすため避け、開大 gap に適した大きさの大腿骨コンポーネントサイズを選択すべきである。対して、2mm 屈曲 gap 補填では、どの対処法でも問題を生じなかった。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

後十字靭帯(PCL)切除型人工膝関節置換術(TKA)において、膝伸展から屈曲まで関節間隙(gap)を一定に保つことは、関節安定性に寄与し、術後成績を向上させる。しかし、PCL 切除により膝屈曲時の gap が過度に開大する場合があり、術中に開大した gap に対してどのような対処法が適切かは不明である。本研究は、コンピュータシミュレーションモデルを用いて、過度な屈曲 gap(4mm)を補填する方法として行われる3つの対処法と、適切な gap を維持した標準 TKA モデルを生体力学の観点から比較した。標準モデルの大腿骨外旋角度は、膝屈曲 60° で 2.2°、膝伸展時の脛骨大腿関節接触圧 7.9MPa であり、膝屈曲時の前方移動は 2.7mm であった。屈曲 gap 開大に対し、大腿骨遠位骨切りを追加して脛骨インサート厚により 4mm 補填する方法では、膝屈曲時の大腿骨前方移動が 10.2mm 生じた。大腿骨コンポーネントを屈曲位に設置する補填法は、膝伸展時の脛骨大腿関節接触圧が 8.0MPa 上昇し、大腿骨外旋運動は膝屈曲 60° で 3.5° 減少した。大腿骨コンポーネントの前後径のサイズを 4mm 大きくする補填法では、膝屈曲 60° の大腿骨外旋角度は 2.8°、膝伸展時の脛骨大腿関節接触圧は最大 5.8MPa と、標準モデルと近似した動態が維持された。

以上の研究は、手術中の屈曲 gap 開大時の対処法による膝関節動態への影響の解明に貢献し、手術手技選択の適正化による今後の術後成績向上に寄与するところが多い。

したがって、本論文は博士(医学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、本学位授与申請者は、令和2年2月17日実施の論文内容とそれに関連した試問を受け、合格と認められたものである。

要旨公開可能日： 年 月 日以降