

東邦大学学術リポジトリ

Toho University Academic Repository

| | |
|-----------|--|
| タイトル | Bi cruciate stabilized total knee arthroplasty can reduce the risk of knee instability associated with posterior tibial slope |
| 別タイトル | Bi Cruciate Stabilized 型人工膝関節置換術は、脛骨後傾角度に伴う不安定性のリスクを軽減させることができる |
| 作成者（著者） | 羽田, 勝 |
| 公開者 | 東邦大学 |
| 発行日 | 2019.10.31 |
| 掲載情報 | 東邦大学大学院医学研究科 博士論文 内容の要旨及び審査結果の要旨. |
| 資料種別 | 学位論文 |
| 内容記述 | 主査：中川晃一 / タイトル：Bi cruciate stabilized total knee arthroplasty can reduce the risk of knee instability associated with posterior tibial slope / 著者：Masaru Hada, Hideki Mizu uchi, Ken Okazaki, Takao Kaneko, Koji Murakami, Yuan Ma, Satoshi Hamai, Yasuharu Nakashima / 掲載誌：Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy / 巻号・発行年等：26(6):1709 1716, 2018 |
| 著者版フラグ | none |
| 報告番号 | 32661乙第2915号 |
| 学位記番号 | 乙第2760号 |
| 学位授与年月日 | 2019.10.31 |
| 学位授与機関 | 東邦大学 |
| メタデータのURL | https://mylibrary.toho u.ac.jp/webopac/TD12191918 |

博士學位論文

論文内容の要旨

および

論文審査の結果の要旨

東邦大学

羽田 勝より学位申請のため提出した論文の要旨

学位番号乙第 2760 号

学位申請者 : は だ まさる
羽 田 勝

学位論文 : Bi-cruciate stabilized total knee arthroplasty can reduce the risk of knee instability associated with posterior tibial slope

(Bi-Cruciate Stabilized 型人工膝関節置換術は、脛骨後傾角度に伴う不安定性のリスクを軽減させることができる)

著 者 : Masaru Hada, Hideki Mizu-uchi, Ken Okazaki, Takao Kaneko, Koji Murakami, Yuan Ma, Satoshi Hamai, Yasuharu Nakashima

公 表 誌 : Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 26 (6) : 1709-1716, 2018

論文内容の要旨 :

【目的】

人工膝関節置換術(Total Knee Arthroplasty:以下TKA)の術後アライメントに関して様々な報告があるが、矢状断、特に脛骨後傾角度の許容範囲に関しては議論の余地が残る。後傾角度が増加することによって術後屈曲角度の増加や膝の運動に必要とされる大腿四頭筋筋力の減少といった利点がある一方で、インサートの摩擦や不安定性の増加といった不利な点があることが報告されている。最適な後傾角度はインプラントによって異なる可能性があるが、その評価は筋力や軟部組織の状態が異なる個体間で行うことは困難である。そこで骨のサイズや筋力、軟部組織をすべて同一条件で評価することができるコンピュータシミュレーションは、脛骨後傾角度がkinematicsに影響を評価するために有用なツールとなり得る。Bi-Cruciate Stabilized 型TKA(以下BCS TKA)は、ポストカム機構によって前十字靭帯と後十字靭帯の機能を再現することによって正常膝のkinematicsを促すことをデザインコンセプトにもったインプラントである。BCS TKAは従来のPosterior Stabilize 型TKA(以下PS TKA)と比べて正常膝に近いkinematicsを示すことが過去に報告されているが、BCS TKAにおける後傾角度とkinematicsの関係についての報告は今までない。そこで本研究の目的は、コンピュータシミュレーションを用いてBCS TKAにおける脛骨後傾角度の許容範囲を決定することとした。

【方法】

インプラントは Journey 2 BCS (Smith & Nephew, USA) を使用した。初期座標を設定した Journey 2 BCS の CAD データを dynamic musculoskeletal modelling program (LIFE MOD/KneeSIM 2010; LifeModeler, USA) にインポートした (Fig. 1)。筋骨格モデルはデフォルトの女性モデルを使用し、インプラントを mechanical axis に対して垂直に設置した。後傾角度を 0 度から 10 度まで 2 度ずつ変化させた 6 つのシミュレーションモデルを作成し、階段昇り動作 (屈曲 86 度 ~ 6 度) をシミュレーションした。検討項目は、kinematics としてインサートに対する大腿骨コンポーネントの前後移動量と内側顆・外側顆のそれぞれの最下点、階段昇り動作中の膝蓋大腿関節接触力と動作に必要な大腿四頭筋筋力を計測した。また、ポストカム前方の接触状態に対して有限要素解析を行った。さらに、7 例の in vivo データに動作解析を行い、シミュレーションモデルと validation を行った。

【結果】

大腿骨コンポーネントは階段昇り動作において前方に移動した (Fig. 2)。後傾 10 度のモデルは、踏み込み動作時である屈曲 65 度において脛骨が前方に移動する anterior sliding を認めた。屈曲 65 度の時に、後傾 10 度未満のモデルはポストカム後方で接触を認めたが、後傾 10 度のモデルは接触を認めなかった (Fig. 3)。また、後傾 6 度以上のモデルは伸展付近においてポストカム前方で接触を認めたが、後傾 6 度未満のモデルは接触を認めなかった。階段昇り動作中の膝蓋大腿関節接触力と大腿四頭筋筋力は、屈曲 65 度で急激に上昇し最大値を示し、最大値は後傾 10 度のモデルは 0 度のモデルと比べてそれぞれ 4.8%、1.2% 減少した (Figs. 4, 5) (Table 1)。後傾 6 度以上のモデルで認めたポストカム前方の接触状態に対して有限要素解析を行ったところ、後傾が増加するにつれて接触応力は増加した (Fig. 6)。シミュレーションモデルと in vivo データを validation したところ、シミュレーションモデルの kinematics は標本のほぼ範囲内であった (Figs. 7, 8)。

【考察】

脛骨後傾角度の増加は、大腿四頭筋のレバーアームを大きくすることによって運動効率が向上し、膝蓋大腿関節接触力や大腿四頭筋筋力を低下させることができる一方で、脛骨の anterior sliding が生じることがある。我々は、従来の PS TKA が後傾 5 度以上で脛骨の anterior sliding を認め、また伸展付近においては後傾 10 度以上でポストカム前方の接触を認めたと過去に報告した。BCS TKA・PS TKA の 2 機種を同一条件下でシミュレーションしたところ、異なる kinematics を示した。BCS TKA が PS TKA よりも脛骨の anterior sliding に関して後傾角度の許容範囲が広いという結果が得られたが、この理由は BCS TKA のインサート形状によるものが考えられた。BCS TKA のインサートは内側が凹・外側が凸の形状で、内側の lip が前方よりも後方の方が高くなっている。これらの特徴的なインサート形状のデザインにより、大腿骨コンポーネントの過度な後方移動を防ぎ、屈曲位から伸展位にかけてポストカム後方で接触を保つことによって、脛骨の anterior sliding が起こるのを防いでいる。ポストカム前方の接触については、従来の PS TKA では後傾 10 度で起きたのに対して BCS TKA では後傾 6 度以上で起こった。BCS TKA はポストカム前方の接触によって前十字靭帯の機能を再現させることをデザインコンセプトにもつインプラントである。今回行った有限要素解析においても後傾角度が小さければ接触応力も小さいことがわかっており、BCS TKA におけるポストカム前方の接触は比較的安全だと思われる。

【結論】

今回の研究で、BCS TKA は後傾角度 10 度未満であれば、脛骨の anterior sliding のような不安定性を認めず、後傾角度に対して許容範囲が広いことがわかった。BCS TKA を用いて通常の手術を行ったときに不安定性を引き起こす可能性は低いが、後傾角度の増加による利点よりも不安定性などの悪影響を避けることを術者は優先すべきである。

1. 学位審査の要旨および担当者

| | | |
|--|-----|---------|
| 学位番号乙第 2760 号 | 氏 名 | 羽 田 勝 |
| 学位審査担当者 | 主 査 | 中 川 晃 一 |
| | 副 査 | 高 橋 寛 |
| | 副 査 | 盛 田 俊 介 |
| | 副 査 | 佐 藤 二 美 |
| | 副 査 | 海 老 原 覚 |
| <p>学位論文の審査結果の要旨：</p> <p>Bi-Cruciate Stabilized 型人工膝関節(以下 BCS TKA)は、ポストカム機構によって前十字靭帯と後十字靭帯の両者の機能を代償するよう設計されたインプラントである。そのため、後十字靭帯のみの機能を代償する従来の Posterior Stabilize 型人工膝関節(以下 PS TKA)と比較して正常膝に近いkinematicsを示す。一方、人工膝関節置換術の際、脛骨骨切面の後傾が膝関節機能に影響を与えることが報告されている。申請者らは、BCS TKA における脛骨後傾角度の許容範囲に関して、コンピュータシミュレーションを用いて検討した。インプラントは Journey 2 BCS(Smith & Nephew, USA)を使用し、初期座標を設定した CAD データを dynamic musculoskeletal modelling program にインポートした(Fig. 1)。脛骨後傾角度を 0 度から 10 度まで 2 度ずつ変化させ、階段昇り動作(屈曲 86 度~6 度)をシミュレーションした。大腿骨コンポーネントは階段昇り動作において前方に移動した。後傾 10 度のモデルでは、踏み込み動作時である屈曲 65 度において脛骨が前方に移動する anterior sliding を認め(Fig. 2)、ポストカム後方での接触を認めていなかった(Fig. 3)。また、後傾 6 度以上のモデルは伸展付近においてポストカム前方で接触を認め、後傾が増加するにつれて接触応力は増加した(Fig. 6)。階段昇り動作中の膝蓋大腿関節接触力と大腿四頭筋筋力の最大値は、後傾 10 度のモデルは 0 度のモデルと比べてそれぞれ 4.8%、1.2%減少した(Figs. 4, 5)(Table 1)。シミュレーションモデルと in vivo データ(7 例)を比較して妥当性を検討したところ、シミュレーションモデルの kinematics は標本のほぼ範囲内であった(Figs. 7, 8)。従来の PS TKA が後傾 5 度以上で脛骨 anterior sliding を認めたのに対し、BCS TKA は後傾角度 10 度未満であれば脛骨 anterior sliding を認めず、後傾角度に対して許容範囲が広いことがわかった。</p> <p>学位審査会は 2019 年 8 月 27 日に行われ、申請者により論文内容が説明された後、質疑応答が行われた。使用した骨モデルの妥当性、ポストカム構造以外のインプラントデザインの違いが与える影響、膝浅屈曲位での動作における特徴など、解析データに関する質問や、BCR TKA は年齢、性別、体重、疾患などの違いに関わらずすべての症例で PS TKA より優れているのか、患者立脚型評価で BCR TKA が優れるという報告はあるのか、手術手技上や長期経過後に予想される問題点はないか、などの臨床面に関する質問等、多くの質問が出たが、申請者は自身の研究成果や文献的知識をふまえて全て適切に回答し、本研究の意義について解説した。以上より、本研究は新しいデザインの人工膝関節 BCS TKA に関する重要な新規の知見をもたらすものと評価され、審査委員全員一致のもと、十分に学位に値する論文であると結論づけた。</p> | | |