

論文内容の要旨

The optimal alignment of the tibial implant in unicompartmental arthroplasty using 3-dimensional finite analysis

三次元有限要素解析を用いた片側置換型人工膝関節における

脛骨インプラントの至適アライメントに関する検討

日本医科大学大学院医学研究科 整形外科学分野

大学院生 笹谷勝巳

Journal of Nippon Medical School 第87巻 第2号 掲載予定

背景・目的

片側置換型人工膝関節置換術（UKA）は片側型変形性膝関節症に適応とされる手術手技である。過去には成績不良の報告が多くなされたこともあったが、手術手技の向上やインプラントの改良、適切な手術適応の選択などにより近年その良好な成績が報告されてきている。UKA は骨、靭帯温存といった低侵襲性により術後早期の回復や高い患者満足度が期待される一方、脛骨インプラントの早期の沈下、緩みや脛骨内側顆部骨折などといった合併症も報告されている。その原因の一つとして脛骨インプラントの設置角度の問題があるが、その至適な設置角度について過去に詳細な検討はなされておらず未だ結論を得ていない。

学位申請者は任意の条件下に構造物の力学環境を再現することが可能な三次元有限要素解析（3D-FEA）を用いて、UKA における脛骨インプラントの設置角度を前額面と矢状面で変化させ脛骨近位部の応力変化を解析し、その至適な設置角度の検討を行った。

方法

内側型変形性膝関節症の CT-DICOM データをもとに、UKA 後の脛骨近位部の三次元有限要素モデルを Mimics Ver.21 (Materialise) を使用し、4 面体 2 次要素数 48800 個で構成した。脛骨インプラントの設置角は脛骨長軸に対して前額面で中間位及び内外反 5°、矢状面では後傾 0° 5° 10° とした。各条件下でチタン合金製 (Ti-6Al-4V) 脛骨インプラントを脛骨骨切り面に固定した状態で緩みのある状態と緩みのない状態を再現した。脛骨遠位端を固定し、脛骨長軸方向に内外顆均等に計 1500N の荷重を加え、インプラント直下の脛骨近位部の応力分布の変化を Abaqus Ver.6.3 (Fujitsu) を用いて解析した。脛骨インプラントの沈下や緩みはインプラント直下の軟骨下骨の圧壊により生じると考えられ、同部分の応力変化を検討した。また脛骨内側顆部骨折は脛骨近位内側皮質の破綻により生じると考えられ、同部分の応力変化の検討を行った。

結果

緩みのない状態では、前額面における設置角を解析すると中間位、外反 5° モデルに対して内反 5° モデルではインプラント直下の軟骨下骨に応力集中を認めた。矢状面の解析においては、後傾の増大に伴いインプラント直下の軟骨下骨の応力集中部位が前方から後方に移動した。特に後傾 0° モデルでは前方皮質に強い応力集中を認めた。インプラント設置角を前額面、矢状面で変化させても脛骨近位内側皮質の応力分布は変化しなかった。

緩みのある状態では、いずれの条件でもインプラント直下の軟骨下骨の応力分布に変動

を認めたが一定の傾向は認められなかった。一方、外反 5°モデルにおいては脛骨近位内側皮質に応力集中を認めた。

考察

3D-FEA を用いた UKA における脛骨インプラントの至適な設置角に関する報告は少なく、その結果報告も様々であり一定の見解をえられていない。

今回の解析結果において、緩みのない状態では前額面を変化させると内反位にて脛骨インプラント直下の軟骨下骨に強い応力集中が認められた。この原因として内反位ではインプラントが内方に傾斜し、インプラントを内側方向に移動させる力が作用するためと考えられ、極端な内反位でのインプラント設置は避けるべきと推察した。一方、インプラント後傾角の増加に伴い、脛骨インプラント直下の軟骨下骨の応力集中部位が前方から後方に移動した。特に後傾 0° では前方皮質への応力集中を認めた。このことから脛骨の本来の後傾角である 5-10° 程度の設置角が適切であると推察した。

緩みのある状態では外反位 5°では脛骨近位内側皮質に応力集中を認め脛骨内側顆部骨折に結び付く可能性が高くなると推察した。

3D-FEA を用いた UKA における至適な脛骨インプラントの設置角度であるが、本研究から前額面においてはインプラント直下の軟骨下骨の応力分布からは中間位から軽度の外反位設置が望ましいが、外反位設置とした場合には緩みを生じると脛骨内側皮質の高い応力が生じ脛骨内側顆部骨折のリスクが上昇するため、結果として中間位近傍が至適設置角度であると推察した。また矢状面では本来の脛骨の軽度後傾を再現することが望ましいと推察した。

(1729 字)