

| | |
|---------|--|
| 氏名 | 古井豊士 |
| 学位の種類 | 博士(医学) |
| 学位記番号 | 乙第549号 |
| 学位授与の日付 | 2019年9月24日 |
| 学位論文題名 | Mechanical simulation study of postoperative displacement of trochanteric fractures using the finite element method 「有限要素法を用いた大腿骨転子部骨折術後転位に関する力学的シミュレーションの研究」 Journal of Orthopaedic Surgery and Research. 2018;13:300 |
| 指導教授 | 寺田信樹 |
| 論文審査委員 | 主査 教授 堀口明彦 副査 教授 中田誠一 教授 堀口高彦 |

論文内容の要旨

【諸言・目的】

大腿骨転子部骨折は加齢に伴う骨粗鬆症を基盤として、高齢者に多く認められる骨折であり、早期離床のため観血的整復固定が必要である。骨折部の安定性を得るためには整復位は重要であるが、術直後側面レントゲン像で骨折部前方が開大するか、近位骨片が遠位骨片に対し前方回転して、骨折部が前方凸変形を来している場合には、骨折部の安定性が損なわれ、術後経過中に骨折部が転位しうるとの報告がある。本研究は、骨折整復位の前方凸変形所見と術後転位との関係性について有限要素法を用いて力学的に検討した。

【方法】

95歳女性の健常大腿骨CT画像を用いてパソコン上で骨モデルを作成した後、小転子より大転子に向けて骨折線を想定し、骨折部転位なしモデルを作成した。続いて、同骨折部前方をそれぞれ10、30、50度開大させたモデル(前方開大モデル)、同骨折部で近位骨片を遠位骨片に対し、それぞれ10、30、50度前方回転させたモデル(前方回転モデル)の計6パターンの前方凸変形モデルを作成した。インプラントは帝人メディカルのN-AHS、3孔プレート(チタン製)を用い、パソコン上でそれぞれの骨モデルにインプラントを内固定した後、要素分割を行い、有限要素モデルを作成した。

荷重条件は大腿骨骨頭頂点に2010N、大転子に1086Nを負荷とし、大腿骨遠位を完全拘束とした。検討項目は、この荷重条件下での大腿骨頸部内側皮質及びインプラントにおけるミーゼス相当応力の最大値、大腿骨頭頂部の近位-遠位方向への変位量とした。

【結果】

1、頸部内側皮質での応力値は、全ての前方開大モデルで転位なしモデル及び全ての前方回転モデルより高い値を示した。前方開大モデルでは、骨折部前方開大角度の増加とと

もに応力値も増加する傾向を示した。

2、インプラントでの応力値は、前方開大モデルの内、50度前方開大モデルを除き、全てのモデルでチタンの降伏応力以下の値であった。

3、骨頭頂部の変位量は、前方開大モデル・前方回転モデルともに、各モデル内でそれぞれ前方開大角度・前方回転角度の増加に伴って増える傾向を示したが、前方開大モデルで増加量は顕著であった。

【考察】

今回の研究結果では、前方凸変形モデルの中でも特に、前方開大モデルで頸部内側皮質に高い応力値を認めた。この結果は同モデルでは、頸部内側皮質で多くの骨要素破壊が起こっていることを示しており、骨折部の圧壊とそれに続く術後転位を示唆する所見である。その原因は、骨折部の前方開大により、近位及び遠位骨片間の骨性コタクトが減少するためと考えられる。このことは、同モデルの中でも前方開大角度が大きくなる(骨性コタクトがより減少する)につれて、頸部内側皮質の応力値及び、骨頭頂部の遠位方向への変位量が大きくなることから示唆される。

インプラントにおける応力値は、概ねチタンの降伏応力以下の値であったが、前方開大モデルの内、50度前方開大モデルでは、インプラントにチタンの降伏応力を超える応力値を認めた。

よって、骨折部が過度に前方開大した整復位では、インプラントの破損も危惧されることが示された。

【結語】

大腿骨転子部骨折手術において、術直後側面レントゲン像で骨折部が前方凸変形を認める症例のうち、骨折部が前方開大している症例では、術後転位及びインプラントの破損が危惧されることが有限要素法を用いた力学的検討で明らかとなった。

論文審査結果の要旨

本研究で用いられた有限要素法とは解析対象の形状モデルをパソコン上で作成し、一定の形状の小さな要素で空間を分割し、それぞれの小空間を対象物の材料で埋め、種々の条件下で解析を行う手法である。この手法は、実臨床で想定することが困難な様々な状況を再現することを可能とする。

本研究では、大腿骨転子部骨折術直後レントゲン側面像での骨折部前方凸変形所見と術後経過中の骨折部転位との関連性について有限要素法を用いて解析した。骨折部前方凸変形は、骨折部が前方開大したものと、近位骨片が遠位骨片に対して前方回転しているものの2種類が想定されるが、今回の研究結果では、特に骨折部前方開大モデルにて術後転位に繋がる応力分布が示唆された。審査では、この前方凸変形所見は、術後整復位としてしばしば認められるが、術後転位との関係性について力学的検討を行った報告はなく、意義のある研究であると評価された。

本研究結果を踏まえ、骨折部前方凸変形の術中整復に更なる留意を払うことで、患者の術後早期離床、歩行能力回復へと繋がる可能性があり、その点でも意義深いと評価された。また、内固定に用いられるインプラントへの応力分布からインプラントの破損の想定も可能であることも評価された。本研究は、大腿骨転子部骨折治療において临床上、重要な情報を提供するものであり、学位論文として相応しいと判断された。