別記様式第 10 号（第８関係）

博士論文の要旨及び審査結果の要旨	
氏　　名	土屋　和生
学　　位	博士（ 工学 ）
学 位 記 番 号	新大院博（工）第 540 号
学位授与の日付	令和５年３月 23 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当
博 士 論 文 名	年代別骨特性を考慮したカスタムメイドステム設計指針の提案
論 文 審 査 委 員	主査　教授・新田　勇
	副査　教授・平元　和彦
	副査　教授・佐々木　朋裕
	副査　准教授・月山　陽介

博士論文の要旨

股関節が機能不全に陥る原因の多くは変形性股関節症である。関節軟骨や周囲骨の変形および滑膜炎の進行によって疼痛や可動域の制限が生じる。手術療法として関節温存手術と関節非温存手術がある。関節非温存手術の場合は，人工股関節全置換術（total hip arthroplasty : THA）が選択されることが多い。これは大腿骨側では骨頭部を，骨盤側では寛骨臼部をインプラント（人工股関節，ステムやカップ）に置き換える手術である。最近は患者の骨形状に合わせたカスタムメイドステムが注目されている。一方で，近年大腿骨形状が経年的に変化することが明らかとなっている。臨床的にも高齢を対象とした手術においてインプラントのミスマッチ発生が多いと報告されており，これは高齢化による大腿骨弯曲が原因と考えられている。したがって，ステム形状設計において予め骨形状の経年変化を考慮しておけば，THA 後の骨折リスクを低減できると考えた。

そこで，本論文では，まず，CT-FEM 解析を用いて健常大腿骨において若年者と高齢者の年代別骨特性が骨折リスクに及ぼす影響を明らかとした。次に，同解析手法でステム設置後の大腿骨において年代別骨特性が骨折リスクに及ぼす影響を明らかとした。これらの知見を基に，骨折リスク低減という新たな付加価値を持ったカスタムメイドステムの設計指針を提案した。

本論文は全 5 章から構成されている。

第 1 章「緒論」では高齢化に伴う人工股関節全置換術の必要性が増しており，手術後の生活の質を落とさない配慮が必要なことなど，本研究の背景，意義および目的を述べている。そして，カスタムメイドステムの設計において骨の経年形状変化を考慮した研究例は極めて少なく，本研究の意義が高いことを説明している。

第 2 章「大腿骨に関わる用語と定義」では，本研究で使用される，また基礎知識となる用語とその定義について述べている。大腿骨の解剖学的パラメータとして，頚体角，前捻角，大腿骨長，大腿骨弯曲および髄腔形状があることを示している。また，大腿骨近位部骨折は大腿骨頭・頚部・頚基部・転子部・転子下などのその発生部位によって分類されることを説明している。THA 後にも大腿骨の骨折が発生する場合があり，治療方針の決定基準として，Vancouver 分類がよく用いられることを述べている。

別記様式第10号の１（第８関係）

第 3 章「健常大腿骨における年代別骨特性が骨折リスクに及ぼす影響」では，若年と高齢のそれぞれ20症例の中から骨形状パラメータを用いて統計的に最も平均的な代表症例を選定している。そして，転倒を模擬した有限要素解析（CT-FEM 法）を用いて骨折部位を推定し，若年および高齢の代表症例における推定骨折箇所が臨床と一致することを計算生体力学的に示している。具体的には，若年では頚部，高齢代表症例では転子部で骨折する傾向があり，代表症例はそれぞれの年齢群の特徴を有していることから，年代別骨特性と骨折部位が関連することを明らかにしている。

第 4 章「ステム設置大腿骨における年代別骨特性がステム周囲骨折リスクに及ぼす影響」では，若年群と高齢群の年代別の骨形状特徴を有した代表症例を対象に CT-FEM 法を用いた応力解析を実施し，年代別の骨の特徴およびステム設置角度がステム周囲骨折リスクに及ぼす影響を調査している。設定したステム設置角度条件内では骨折部位が変化するほどの影響はなかったが，骨折発生荷重は条件により大きく異なることを示している。ステム周囲を 5 カ所に分割して，各領域での発生応力の特徴を明らかとしている。ステム設計において骨折リスクを低減させるには，頚部軸の角度を最適化することが重要であることを示している。

第 5 章は本論文の結論であり，得られた結果を総括するとともに，今後の展望について述べている。

以上，本論文では年代別骨特性と骨折リスクには関連性があり，ステム設置に際して年代別骨特性を考慮し，特にステム頚部軸の角度を最適化することで，骨折リスクを低減できることを明らかにしている。すなわち，カスタムメイドステムの新たな設計指針を示しており，工学の新たな成果の取得およびその臨床応用において有用な結果を得ている。

審査結果の要旨

本論文は，人工股関節全置換術で使用されるステムの形状設計と設置位置を取り扱っており，骨の経年変化を考慮したステム設計に関わるバイオメカニクス研究に位置づけられる。

本論文では，これまであまり考慮されていなかった大腿骨形状の経年変化などを考慮することで，臨床医に経験的に認められていた若年症例と高齢症例で骨折箇所が異なる現象について，CT-FEM 解析結果から理由を説明している。次に，この CT-FEM の手法を用いてステム置換手術を行った際に最適なステム設置位置と姿勢が存在し，骨折リスクを防止する効果があることを示している。これらの結果は若年や高齢など年齢に拘わらず同一基準で行われてきた人工股関節全置換術に対して改善する道を拓くことになり，当該分野に大きく貢献することが期待される。

以上のように，本論文は年代別骨特性と骨折リスクには関連性があることを示し，ステム設置時はこのことを考慮し，特に頚部軸の角度を最適化することで，骨折リスクを低減できることを明らかにしている。すなわち，得られた成果はカスタムメイドステムの設計において貢献するところが大きい。

よって，本論文は博士（工学）の博士論文として十分であると認定した。