

令和 2 年 6 月 18 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K11016

研究課題名(和文) FEMシミュレーションによる日本人大腿骨の疾患及び年齢に伴う応力形態に関する研究

研究課題名(英文) Biomechanical study on femoral morphology with disease and age in Japanese using FEM simulation

研究代表者

加来 信広 (Kaku, Nobuhiro)

大分大学・医学部・准教授

研究者番号：10315335

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は本邦の性別及び加齢に伴う大腿骨形態の変化を総80人のCTデータを基に、若年者と高齢者を三次元的に解析した。性別により大腿骨弯曲の特徴が異なり、加齢に伴い前外側に弯曲が強くなる。弯曲度は女性の方が強い。三次元的な大腿骨弯曲の増加は大転子高位をもたらしていた。また、大腿骨弯曲変化及び患者別骨密度が近位部の応力分布に与える影響に対して三次元有限要素法を用いて解析した。弱弯の若年者と比較して、強弯の高齢者は応力・ひずみ分布は転子部に広がり、転子部の応力値・ひずみ量は高くなった。加齢に伴って進行する大腿骨の前側弯変化は、転子部の骨折を促進する可能性があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日本人の大腿骨弯曲に関する詳細な特徴と年齢に伴う変化及びそれに伴う大腿骨近位部における応力変化を明確にすることで、大腿骨頸部・転子部骨折の発生メカニズム(特徴)の新知見を見出すことができた。年齢に伴う大腿骨の形状変化と応力変化に関する知見を基に、骨折の予防策を検討し、更に日本人の骨形状に幅広く合わせた人工関節等のインプラントや内固定材料の開発へフィードバックされることが期待される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to analyze changes in femoral morphology with sex and aging for the elderly and young individuals in Japan using computer-based three-dimensional measurement with the CT data of 80. The femoral curvature originally differs depending on the sex and the becomes greater in anterior-lateral direction with age. The degree of curvature is larger in women than men. The three-dimensional femoral curvature leads to higher position of the greater trochanteric. Additionally, we investigated the effects of the femoral curvature and bone density of individuals on the stress distribution of proximal femur using the three-dimensional finite element method. The distribution and values of stress / strain tends to spread to the femoral trochanter region and be higher at there in elderly person. Therefore, it could be suggested that the greater anterolateral femoral curvature with aging might promote to generate the fracture of the femoral trochanter.

研究分野：医学

キーワード：日本人 大腿骨弯曲 性別 高齢 応力 大転子 頸体角

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年高齢化に伴って増加している大腿骨近位部骨折は生命寿命にも影響するが、高齢者骨疾患の発生機序においては、骨質低下による骨脆弱化などの骨力学強度低下の主な要因とされている。骨密度骨形状(骨形態)の変化が大腿骨の生理学的荷重伝達に与える影響は未だ不明瞭である。

(2) インプラント設置の施行を余儀なくされる高齢者が多く存在する。日本人の骨形状、髓腔形状に比較的適合し易い骨接合材料や人工関節の開発が望まれている。

2. 研究の目的

(1) 日本人の大腿骨の形状変化、特に弯曲度に着目し、加齢や性別などによる違いを明確にし、大腿骨弯曲の大腿骨近位部に対する解剖学的な影響について詳細な検討を行うこと。

(2) 本研究では骨量ファントムを併用して撮影される CT 像から患者別骨密度反映モデルを作成し、それを有限要素解析にて使用することで患者別大腿骨荷重伝達と骨力学強度を測定し、骨密度や骨形状が大腿骨荷重伝達に及ぼす影響を定量的に評価すること。

3. 研究の方法

(1) 高齢者大腿骨近位部骨折症例(85.2 ± 7.2 歳)(男性 20 股, 女性 20 股)と若年者(30.1 ± 9.6 歳)(男性 20 股, 女性 20 股)を対象とした。術前撮影される大腿骨 CT 画像から LEXI 社の Zed View11.5.3 を使用し、ソフトウェア上で構築される大腿骨基準座標系における 3D 再構築後の骨モデルを作成し、Sagittal と Coronal 面での大腿骨近位部、中間部、遠位部の弯曲度を測定した。加えて、両群の大腿骨頸部前捻角、頸体角および大転子高位について調査した。

(2) 高齢者群で強彎, 若年者群で弱彎とある大腿骨を選定し, Abaqus CAE 6.13-4 (Dassault Systemes 社) を用いて三次元有限要素解析を行い, 大腿骨近位部に対する主応力分布とひずみ分布を計算した。

4. 研究成果

(1) 大腿骨前彎と側彎は高齢に伴い、遠位部・長管部・近位部で大きくなっていった。大腿骨前彎度 RS, 大腿骨側彎度 RC の平均値と若年者を 100% とした場合の大腿骨前彎度 R 値の低下率を遠位部 (p 値: RS_{Distal};

0.092,) 中間部 (RS_{Middle}; 0.012,

RC_{Middle}; 0.042) 近位部を示した(図

1)。高齢に伴って Sagittal 面では全体的に前彎が進行し、Coronal 面では遠位部と長管部で側彎が進行していた。

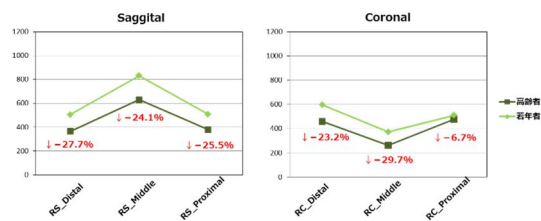


図 1: 若年と高齢者の大腿骨弯曲度

(2) 男女別に若年者と高齢者の弯曲度を比較した(図 2)。女性の Sagittal 面大腿骨前彎度 RS に関して、前彎度 RS は高齢の方が低下しており、前彎は大きくなる傾向であることが推測された (p 値: RS_{Middle}; 0.002, RS_{Proximal}; 0.02)。一方で男性の経年と共に遠位部で前彎する傾向であった RS_{Distal}; 0.068)。

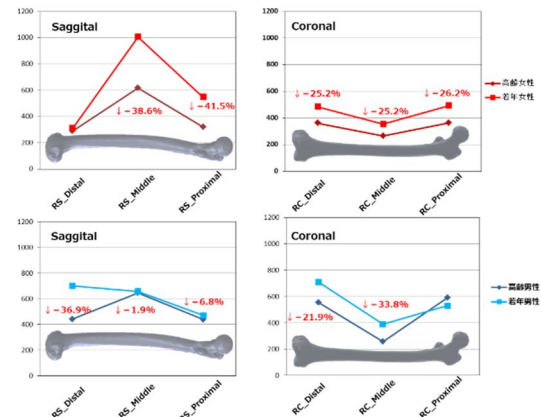


図 2: 性別による若年と高齢者の大腿骨弯曲度

(3) 前捻角は高齢者群が $6.9 \pm 8.5^\circ$, 若年者群が $7.2 \pm 8.5^\circ$ ($p=0.880$) , 頸体角はそれぞれ $127.5 \pm 6.3^\circ$, $127.8 \pm 5.6^\circ$ ($p=0.845$) , 大転子高位は $7.3 \pm 5.6\text{ mm}$ 、 $2.2 \pm 4.6\text{ mm}$ であった ($p<0.001$) .

(4) 頸部外側に関して、強弯高齢者は骨頭全体への応力伝達の広がり局所的で狭く、強弯高齢者の頸部応力は弱弯若年者と比較して小さい傾向であった。全体的な応力が弱弯

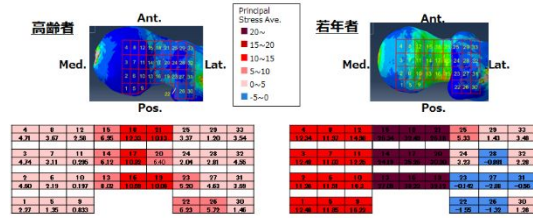


図3：頸部外側の主応力分布と各関心領域セルの平均主応力

若年者より低くなった強弯高齢者の応力分布は、頸部から転子窩まで広がり、頸部中間前方部の主応力が高値であった(図3)。頸部外側において、強弯高齢者と弱弯若年者共に主応力の分布傾向とひずみも相関した。

(5) 前後面後方部の主応力分布と平均主応力値に関しては、強弯高齢者の応力分布は転子間稜を超えて広く分布する傾向であった(図4)。ひずみも相関する結果であった。

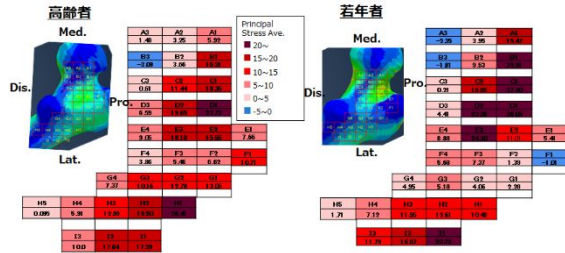


図4：前後面後方部の主応力分布と各関心領域セルの平均主応力値

(6) 主応力とひずみに関して、強弯若年者においては転子間稜を超える転子部では急激に主応力値とひずみ値が低下する傾向があった(図5)。前後面後方部でも、強弯若年者においては転子間稜を超える転子部で急激に両者が低下する傾向があった。

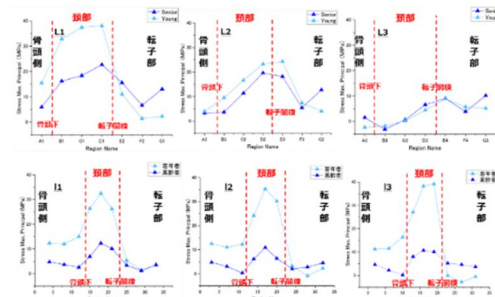


図5：頸部外側と前後面後方部に生じた主応力値の推移

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Nobuhiro Kaku, Hiroaki Tagomori, Hiroya Akase, et al.	4. 巻 68
2. 論文標題 Efficacy of Vitamin E for Mechanical Damage and Oxidation of Polyethylene Rim by Stem Neck Impingement.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Clin Biomech (Bristol, Avon).	6. 最初と最後の頁 8-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.clinbiomech.2019.05.024.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaku N, Shimada T, Tabata T, et al.	4. 巻 7
2. 論文標題 Three-dimensional architecture of the ligamentum teres in the human hip joint.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Muscles Ligaments Tendons J.	6. 最初と最後の頁 442-448
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11138/mltj/2017.7.3.442.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaku N, Tabata T, Tagomori H, et al.	4. 巻 28
2. 論文標題 The Mechanical Effects of Cup Inclination and Anteversion Angle on the Bearing Surface	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Eur J Orthop Surg Traumatol.	6. 最初と最後の頁 65-70.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00590-017-2025-6.	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 加来信広
2. 発表標題 人工股関節全置換術後の健康関連QOLから考える手術療法の新たな意義
3. 学会等名 第46回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田籠泰明
2. 発表標題 若年者と高齢者の大腿骨弯曲に関する三次元的比較
3. 学会等名 第46回日本股関節学会学術集会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 安藤 謙一(加来信広 分担)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 南江堂	5. 総ページ数 183 (68-76, 144-145)
3. 書名 Must & Never 大腿骨頸部・転子部骨折の治療と管理	

1. 著者名 稲葉 裕、中島 康晴(加来信広 分担)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 メジカルビュー社	5. 総ページ数 159 (140-154)
3. 書名 子どもから大人までこの1冊！ 受診時年齢別 発育性股関節形成不全の診かた・治しかた	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	津村 弘 (Tsumura Hiroshi) (30188627)	大分大学・医学部・教授 (17501)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	田畑 知法 (Tabata Tomonori) (80769406)	大分大学・医学部・客員研究員 (17501)	
研究 協 力 者	田籠 泰明 (Tagomori Hiroaki) (70791474)	大分大学・医学部・助教 (17501)	