

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26462284

研究課題名(和文) 転倒骨折に対するリスク評価法の確立と予防効果判定

研究課題名(英文) Basic model of risk assessment of falls and related fractures

研究代表者

今井 一博 (IMAI, Kazuhiro)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：60720274

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、転倒骨折リスク評価法の基盤を確立することを目的とした。転倒条件での骨折リスクをCT有限要素解析法にて調べた。また、骨強度、骨折形態、骨折部位をCT有限要素解析法にて評価し、力学試験結果と比較してCT有限要素解析法の精度を検証した。次に転倒の危険因子の探索を行うために、平衡機能評価・歩行解析・運動機能評価を行った。本研究により、転倒骨折リスクを統合評価する方法を確立する基礎的なデータが得られた。本研究を基盤として高齢者・骨粗鬆症患者・転倒しやすい方に対する臨床応用が可能となる。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to establish the basic model of risk assessment of falls and related fractures. Fracture risks with fall conditions were investigated using computed tomography-based finite element analysis (CT/FEA). Bone strength, fracture pattern, and fracture location were analyzed using CT/FEA. The accuracy of the CT/FEA was validated by performing experimental mechanical testing with human cadaveric specimens. Next, balance function assessment, gait analysis, and motor function assessment were investigated to search fall risk factors. Through these investigations, fundamental data about integrated evaluation of falls and related fractures have been acquired. Based on this study, clinical application for the elderly, patients with osteoporosis, and people with fall risk can be implemented.

研究分野：整形外科

キーワード：骨折リスク 骨粗鬆症 転倒 骨強度

1. 研究開始当初の背景

国内および世界的に高齢者の増加とともに骨粗鬆症に起因する骨折が増加している。高齢者の骨粗鬆症性骨折の原因は、転倒と骨強度の低下である。骨強度評価に関して、研究代表者らはCT画像を用いた有限要素解析法（CT有限要素解析法）を確立し、脊椎および大腿骨近位部で骨強度を高精度で解析できることを示した。また、CT有限要素解析法を臨床応用するための最適条件を検討して、高齢女性の脊椎椎体強度を解析した。

転倒リスク評価に関して、国内および外国において平衡機能評価・歩行解析・運動機能評価など様々な評価方法が使用されている。しかしながら、転倒の原因にはサルコペニア・ロコモティブ症候群・運動器不安定症など多くの因子があるため、転倒リスクの評価法は十分に確立されていない。また、転倒時に骨折するリスク評価法も十分に確立されていない。

2. 研究の目的

本研究では、転倒リスク評価と骨強度評価の両者を統合して転倒骨折に対するリスク評価を行い、転倒骨折リスク評価法の基盤を確立することを目的とした。

3. 研究の方法

(1)対象

歩行に影響を与える脳疾患の既往がない方を対象とした。歩行に影響を与える運動器疾患の既往者は除外しなかったが、腰椎にインプラントが挿入されている方あるいは両側大腿骨近位部にインプラントが挿入されている方は除外した。

(2)転倒条件での骨折リスク評価

転倒を模擬した条件で腰椎および大腿骨近位部の骨折リスクをCT有限要素解析法にて評価した。

(3)骨折リスク評価の精度の検証

骨強度、骨折形態、骨折部位をCT有限要素解析法にて評価し、cadaverでの力学試験結果と比較して骨折リスク評価の精度を検証した。

(4)平衡機能評価

静的バランス評価として開眼片脚起立時間（最大120秒間）、動的バランス評価としてFunctional Reach Test、機能的バランス評価としてTimed Up and Go Testを行った。

(5)歩行解析

通常歩行と最大歩行速度で、三軸加速度センサを用いた歩行分析計MG-M1110(株式会社LSIメディエンス、東京)で歩行解析を行い、歩行速度、歩行周期、歩幅、平均加速度、重心動揺(左右振れ幅・上下振れ幅)を解析した。

(6)運動機能評価およびロコモ度評価

上肢筋力として握力、下肢筋力として立ち上がりテスト、移動能力として2ステップテスト(最大2歩幅÷身長) 自覚的な運動機能評価としてロコモ25質問票を調査した。

4. 研究成果

転倒を模擬した条件で腰椎および大腿骨近位部の骨折をCT有限要素解析法にて予測解析したところ、高精度で骨強度、骨折形態、骨折部位を解析でき、CT有限要素解析法が骨折リスク評価に有用であることが示された。

平衡機能評価、歩行解析、運動機能評価およびロコモ度評価に関して、代表症例(80歳、女性、150cm、47.0kg)を提示する。平衡機能評価として、開眼片脚起立時間は右3.5秒、左1.1秒であった。Functional Reach Testは27.0cmであった。Timed Up and Go Testは通常の歩行速度で9.97秒、最大の歩行速度で7.58秒であった。歩行解析として歩行分析計での結果は、通常歩行で歩行速度

52.1m/分、歩行周期 1.05 秒、歩幅 45cm、平均加速度 0.14G、左右振れ幅 2.42cm、上下振れ幅 1.07cm、重心動揺の左右振れ幅÷上下振れ幅 2.26 であり、最大歩行速度で歩行速度 84.0m/分、歩行周期 0.89 秒、歩幅 62cm、平均加速度 0.37G、左右振れ幅 2.08cm、上下振れ幅 2.13cm、重心動揺の左右振れ幅÷上下振れ幅 0.98 であった。握力は右 5kg、左 9.5kg であった。立ち上がりテストは、両脚 20cm での立ち上がり可であったが両脚 10cm および片脚 40cm での立ち上がりは不可であった。2 ステップテストは 1.28 であった。骨密度は腰椎正面 0.784g/cm² (Tスコア-2.5)、大腿骨頸部 0.587 g/cm² (Tスコア-2.6) であった。CT 有限要素解析法による第 2 腰椎の単軸圧縮強度は 1.45kN (体重の 3.15 倍)、立位条件での大腿骨近位部強度は 4.70kN (体重の 10.20 倍)、側方転倒条件での大腿骨近位部強度は 1.225kN (体重の 2.66 倍) であった。

本研究により、転倒骨折リスクを統合評価する方法を確立する基礎的なデータが得られた。本研究を基盤として高齢者・骨粗鬆症患者・転倒しやすい方に対する臨床応用が可能となる。運動療法・薬物治療を開始する指標になるだけでなく、平衡機能・歩容・運動機能・骨強度・骨折予測を因子ごとに評価することで、どの因子に対する治療が必要かを一人一人に提供できることが期待される。さらに、転倒骨折に対するリスク評価法が確立できれば、転倒骨折に対する運動療法・薬物治療など、様々な治療法の効果を判定することが可能となる。一つ一つの治療法の効果判定だけではなく、運動療法と薬物治療の組み合わせによる効果を判定することで、どの治療法を組み合わせるのが最適が明らかになるものと予想される。

5 . 主な発表論文等
(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

[1] Imai K, Hiromoto S: In vivo evaluation of bulk metallic glasses for osteosynthesis devices. *Materials* 9: 676, 2016. DOI:10.3390/ma9080676 査読有

[2] Imai K: In vivo investigation of Zr-based bulk metallic glasses sub-periosteally implanted on the bone surface. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering* 4:46-51,2016. DOI:10.4236/msce.2016.41009 査読有

[3] Imai K: Analysis of vertebral bone strength, fracture pattern, and fracture location: a validation study using a computed tomography-based nonlinear finite element analysis. *Aging Dis* 6:180-187,2015. DOI:10.14336/AD.2014.0621 査読有

[4] Imai K: Computed tomography-based finite element analysis to assess fracture risk and osteoporosis treatment. *World J Exp Med* 5:182-187,2015. DOI:10.5493/wjem.v5.i3.182 査読有

[5] Imai K: Recent methods for assessing osteoporosis and fracture risk. *Recent Pat Endocr Metab Immune Drug Discov* 8:48-59,2014. DOI:10.2174/1872214808666140118223801 査読有

[6] Imai K, Hiromoto S: In vivo evaluation of Zr-based bulk metallic glass alloy intramedullary nails in rat femora. *J Mater Sci Mater Med* 25:759-768,2014. DOI: 10.1007/s10856-013-5102-3 査読有

[学会発表](計 3 件)

[1] Imai K: In vivo evaluation of bulk metallic glasses for orthopaedic devices. The Fifth International Multi-Conference on Engineering and Technology Innovation 2016 (IMETI2016). Taichung (Taiwan), 2016.10.28-11.1

[2] Imai K: In vivo investigation of Zr-based bulk metallic glasses sub-periosteally implanted on the bone surface. International Conference on Biomaterials and Applications (ICBA 2016). Bangkok (Thailand), 2016.1.14-16

[3] Imai K: Computed tomography-based nonlinear finite element analysis to assess bone strength and bone mechanics; ex vivo validation and clinical application in osteoporosis. 7th World Congress of Biomechanics (WCB). Boston (United States of America), 2014.7.6-11

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織
(1)研究代表者
今井 一博 (IMAI, Kazuhiro)

東京大学・大学院総合文化研究科・准教授

研究者番号：60720274

(2)研究分担者
()

研究者番号：

(3)連携研究者
()

研究者番号：

(4)研究協力者
()