

令和 2 年 6 月 19 日現在

機関番号：12201

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01811

研究課題名(和文) 三次元橈骨遠位端骨折変形治癒による前腕回旋制限の数値シミュレーション

研究課題名(英文) Simulation of the loss of forearm rotation due to malunion of a distal radius fracture

研究代表者

嶋脇 聡 (Shimawaki, Satoshi)

宇都宮大学・工学部・教授

研究者番号：10344904

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,200,000円

研究成果の概要(和文)：ヒトCT画像から構築した骨モデルに、これらを拘束するための靭帯モデルおよび駆動するための筋モデルを取り付けて、橈骨遠位端が三次元変形治癒(橈側傾斜、掌側傾斜、橈骨短縮、回旋変形)した際の前腕回旋制限を数値解析で算出した。複合変形と単独変形の回旋制限量を比較した。例えば、背側傾斜と橈側傾斜の複合変形の場合、正常モデルの最大可動域を100%とした場合、橈側傾斜20°の単独変形では最大可動域83%であり、背側傾斜25°の単独変形では最大可動域70%であった。一方、橈側傾斜20°と背側傾斜25°の複合変形の場合、最大可動域35%であった。複合変形になると日常生活に支障が出るレベルとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、変形治癒に対する回旋制限をシミュレーションする方法として、屍体上肢を用いることが一般的であった。そのため、二次元変形治癒に対して評価することが通常であった。本研究では、数値シミュレーションを用いて、三次元変形治癒に対する回旋制限の評価を詳細に行う点において、非常に特色ある研究にであった。この結果より、臨床現場における多様な橈骨変形治癒に対して、X線撮影とCT撮影後にすぐに回旋制限と観血的治療の有無を評価できる。

研究成果の概要(英文)：Bone models constructed from human forearm CT images were attached with ligament models for restraining them and muscle models for driving them. Numerical analysis was performed to calculate the rotation limitation of the forearm when the distal radius was deformed three-dimensionally (radial tilt, volar tilt, radial shortening and rotation). The rotation limitations of the combined deformation and the single deformation were compared. For example, in the combined deformation of dorsal tilt and radial tilt, assuming that the maximum range of motion of the normal model is 100%, the maximum range of motion is 83% for the single deformation of radial tilt 20 deg, and the maximum ROM was 70% for the single deformation of dorsal tilt 25 deg. On the other hand, the maximum ROM was 35% in the case of the combined deformation of the radial tilt of 20 deg and the dorsal tilt of 25 deg. When it became the combined deformation, it became a level that interfered with daily life.

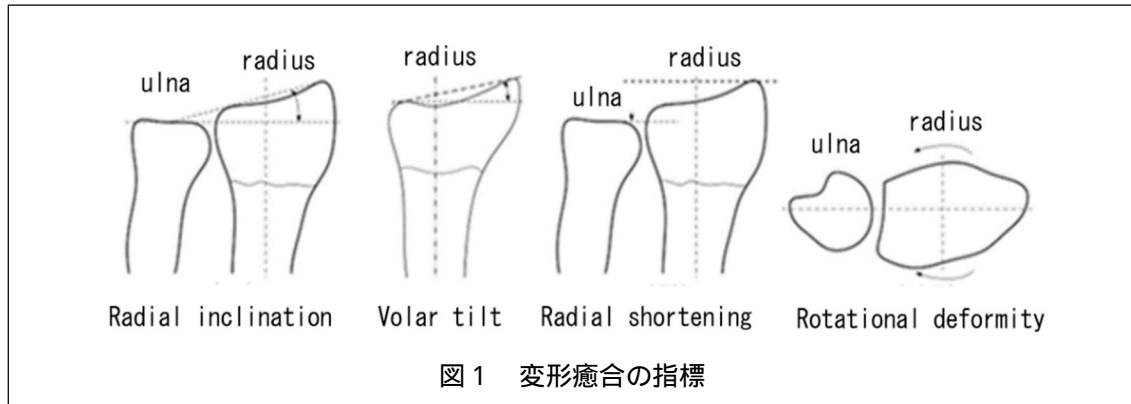
研究分野：生体計測・福祉工学

キーワード：橈骨遠位端変形癒合 回旋制限 数値シミュレーション 複合変形

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

橈骨が遠位端で骨折したのちに骨折片が骨折前の位置とは異なる部位で癒合することは変形癒合と呼ばれ、4つの変形癒合パターン(橈骨短縮、掌側・背側傾斜、橈側・尺側傾斜、回旋)が知られている(図1)。先行研究では屍体を用いて橈骨遠位端変形癒合の単独変形が前腕回旋可動域に与える影響を調査されていた。しかし、屍体を用いた方法では2つ以上の変形が見られる複合変形を詳細に調査することは困難であった。



2. 研究の目的

- (1) ヒト上肢のCTおよびMR画像から、前腕回旋運動が可能な上肢正常モデルを構築する。ヒト前腕回旋データと比較して、モデルの妥当性を検証する。
- (2) 橈骨の三次元変形治癒のパラメータとして、橈側傾斜、掌側傾斜、橈骨短縮、回旋変形の4つを選定する。橈骨変形治癒モデルを用いて、前腕回旋可動域の減少などを求める。
- (3) 前腕回旋運動に影響の無い変形治癒、日常生活に影響の少ない変形治癒の領域を求める。ここでは、前腕シミュレーションモデルを用いて前腕回旋に及ぼす複合変形(掌側・背側傾斜と橈側傾斜)の影響を調査した結果を示す。

3. 研究の方法

本シミュレーションモデルのための被験者の身体計測は、宇都宮大学ヒトを対象とした研究倫理審査委員会より承諾を受けている(登録番号 H17-0007)。実験に先立ち、本研究の目的及び内容を十分に説明し、被験者から文書による同意を得た。

(1) 骨モデルの作成

被験者(健康成人1名、既往歴:無)の右腕部全体を1mm毎にX線CT撮影をし、その画像データを画像可視化解析ソフトウェア3Dslicerによって骨部の輪郭データを抽出、このデータから骨モデルを作成した。作成した骨モデルは肩甲骨、上腕骨、橈骨、尺骨、手根骨、中手骨、指節骨である。

(2) 筋・靭帯モデルの作成

開発ソフトウェアUnityに作成した骨モデルを読み込み、筋モデルと靭帯モデルを構築した。筋モデルは短縮する領域を定義することで筋収縮を実現するモデルを構築した。靭帯モデルは伸長時のみ力を発生するようにモデルを構築した。回外の主動筋である上腕二頭筋と回外筋、回内の主動筋である円回内筋と方形回内筋の4つと29本の靭帯をモデル化した。筋モデルと靭帯モデルの付着点は文献を参考にした(図2)。

(3) 複合変形モデルの作成(背側傾斜・橈側傾斜)

橈骨遠位端骨折の変形癒合をシミュレーションするために橈骨の骨モデルを橈骨近位、切除



部、橈骨遠位端の3つに分割した。背側傾斜、橈側傾斜した状態を再現するために橈骨遠位端の重心を中心に橈骨の骨軸上で回転させた。

4. 研究成果

単独変形において背側傾斜および橈側傾斜角度が増加するに伴い、前腕回旋の可動域が減少した。背側傾斜 25°で前腕回旋の可動域は 122.9°であり、正常からの減少率は 29.6%だった(図 3)。橈側傾斜 20°で前腕回旋の可動域は 145.0°であり、正常からの減少率は 17.0%だった(図 4)。橈側傾斜 20°と背側傾斜 25°の複合変形で前腕回旋の可動域は 60.98°であり、単独変形よりも大きな減少となった(図 5)。この結果は Gillian らの研究の複合変形(三次元変形)は単独変形(二次元変形)より前腕回旋に大きな影響を与えるという報告と一致する。

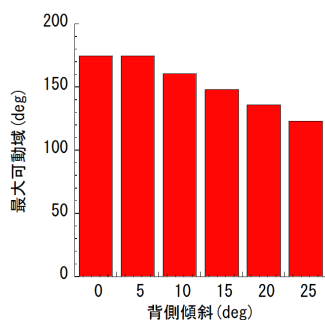


図 3 背側傾斜による可動域の変化

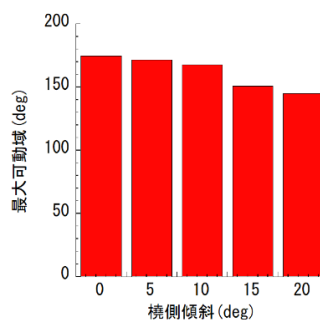


図 4 橈側傾斜による可動域の変化

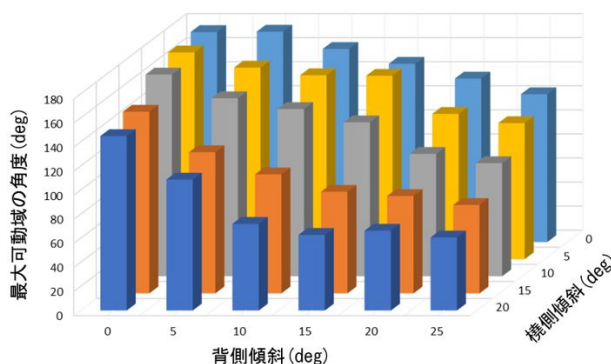


図 5 背側傾斜・橈側傾斜の複合変形モデルの最大可動域の変化

結論

- (1) 被験者の CT 撮影データと文献資料より仮想空間上で回旋動作可能なシミュレーションモデルを構築することができた。
- (2) 背側傾斜 25 度の単独変形モデルで可動域が 51.7°、橈側傾斜 20 度の単独変形モデルで可動域が 29.6°減少した。
- (3) 背側傾斜 25 度橈側傾斜 20 度の複合変形モデルで可動域が 113.9°減少した。
- (4) 複合変形モデル単独変形モデルに比べ橈骨遠位端の変形量が小さい段階で可動域に大きな減少が見られた。

< 引用文献 >

- (1) Fraser GS, Ferreira LM, Johnson JA, and King GJ, The Effect of Multiplanar Distal Radius Fractures on Forearm Rotation: In Vitro Biomechanical Study, J Hand Surg Am, Vol.34, (2009), 838-848.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 須藤大和、嶋脇聡、中林正隆
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折の変形癒合による回旋制限のシミュレーション
3. 学会等名 関東学生会第58回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoaki Nakamachi, Satoshi Shimawaki, Masataka Nakabayashi, Hideharu Sugimoto
2. 発表標題 Simulation of the loss of forearm rotation due to malunion of a distal radius fracture
3. 学会等名 8th World Congress of Biomechanics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小林祐太、嶋脇聡、中林正隆
2. 発表標題 橈骨遠位端骨折の変形癒合による回旋制限シミュレーション
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会第57回学生員卒業研究発表講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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	吉田 勝俊 (Yoshida Katsutoshi) (20282379)	宇都宮大学・工学部・教授 (12201)	

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	中林 正隆 (Nakabayashi Masataka) (50638799)	宇都宮大学・工学部・助教 (12201)	