


派遣学生成果報告

所属専攻・学年	人間・機械科学専攻 1年
学生氏名	中村 亮介 
課題名	変形性膝関節症の矯正手術における骨形成の力学的評価
コーディネータ教員	坂本 二郎 (人間・機械科学専攻)
課題担当教員	坂本 二郎 (人間・機械科学専攻)
派遣先企業	富山市民病院
研修期間	平成21年8月4日～平成22年1月20日
研修先	富山県富山市

平成21年度インターンシップ実施報告書

専攻・学年： 人間機械科学専攻 1年 学生氏名： 中村 亮介
テーマ名： 変形性膝関節症の矯正手術における骨形成の力学的評価
研修先： 富山市民病院 担当者氏名： 澤口毅、中瀬順介、島洋祐
課題担当教員名： 坂本 二郎
研修期間： 21年8月4日 ～ 22年1月20日（実施日数 8日間）

1. 研修内容の概要

日本人にはO脚が多く、それが原因で変形性膝関節症になってしまう可能性がある。軟骨や半月板の変性により、痛みや関節の運動制限の症状を起し日常生活が制限される。治療法の一つに高位脛骨骨切り術（HTO）がある。脛骨の内側に切込みを入れて開大し、プレートとスクリューを用いて固定し、内側に集中していた荷重を外側に分散させることができる。術後、骨切り部にて顕著な骨形成が見られるが、力学的な検討はされていない。

本研究では研修先で撮影した模擬骨のCTデータをもとに3次元モデルを作成し、そこにCADで作成した金属のプレートとスクリューを挿入してFEM解析を行った。

2. 研修の成果（自分の能力が向上した点、知識が増えた点）

普通では見ることができない病院の治療の実際を見せていただきました。

クリニカルカンファレンスを見学させていただき、整形外科の治療が力学的根拠に基づいて行われていることを知りました。工学部で学んだことが医学にも通用するということを実感しました。また、手術の見学という非常に貴重な体験をさせていただきました。今まで手術を受けることはあっても見るのは初めてでした。最初は少し怖い思いもありましたが、徐々に慣れてくると医師の手元を覗き込めるようになりました。

3. 研修先への要望・大学の支援体制に対する要望

成果報告会が就職活動の時期と重なっていて少し大変です。ずらすことは可能でしょうか。

4. その他（感想、後輩へのアドバイスなど）

社会人になると他の企業を見学できる機会はほとんど無いと思います。ましてや病院を見学できる機会など皆無ではないでしょうか。今しかできない体験をさせていただきました。

就職活動の業界研究の一環と考えて参加するのもいいでしょう。実際に、私は今回の研修がきっかけで医療機器関連の業界を中心に就職活動を行っています。

変形性膝関節症の矯正手術における 骨形成の力学的評価

派遣先 富山市民病院

自然科学研究科 人間・機械科学専攻
中村亮介

1

変形性膝関節症

- 日本での患者数
推定約700万人
- 原因
筋力低下、加齢、肥満
- 症状
軟骨や半月板の変性により、
痛みや関節の運動制限の症状をおこし
日常生活が制限される
- 治療
人工膝関節置換術
高位脛骨骨切り術



日本人はO脚が多い

O脚により変形性膝関節症となった例



2

高位脛骨骨切り術 (HTO)

変形性膝関節症等の治療を目的に行われる
脛骨で角度を変えることによりO脚を矯正する手術



1. 脛骨膝関節面下方35mmの位置から
脛骨の先端に向けて骨切りする
2. 骨切り部を開いて機能軸の変位を矯正する
3. プレートとスクリューで固定する
4. 欠損部には何も充填しない

3

研究目的



- 骨切りしてできた欠損部分で顕著な骨形成が見られる
- 適度な力学的刺激が加わり、骨形成を促進させている可能性がある
- 詳しい力学的評価はされていない

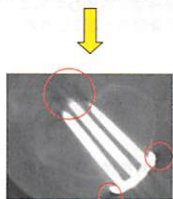
目的

プレート固定した場合の骨切り部における力学的刺激と骨形成を評価する

4

骨モデル作成①

術後の患者さんのCT画像から
骨モデルを作成



ハレーションが発生



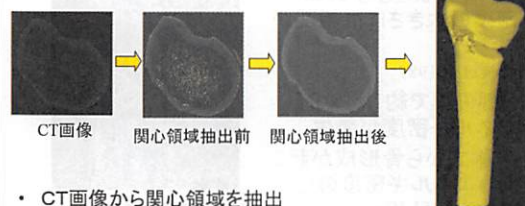
CT値から算出される骨の密度や材料定数に影響してしまう

模擬骨を用いて、インプラント挿入前の骨切り状態でCT撮影

5

骨モデル作成②

解析ソフトウェア
Mechanical Finder (株式会社RCCM)



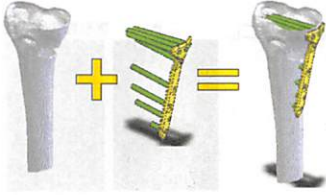
- CT画像から関心領域を抽出
- 全断面について関心領域抽出後、3次元モデル作成
- 模擬骨の関節面が正確な形状でなかったため、平面上に簡略化した

6

解析モデル作成

3次元CADソフトウェア
Solid Works (Solid Works Japan. K. K)

- スクリューとプレートを骨モデルに挿入し解析を行う



材料特性

- 骨材料
 - CT値から密度 ρ を算出し実際の骨に近い値(皮質骨で約 $1.7g/cm^3$)となるように定義した
 - ヤング率の算出にはCarterの式を使用

$$E=0.001 : (1.0 \times 10^{-4} < \rho)$$

$$E=2875\rho^3 : (\rho \leq 1.0 \times 10^{-4})$$

- 金属材料
 - 純チタンの材料特性を使用
 - $E=106 \text{ GPa}$
 - $\nu=0.19$

7

荷重・拘束条件

1181N 439N

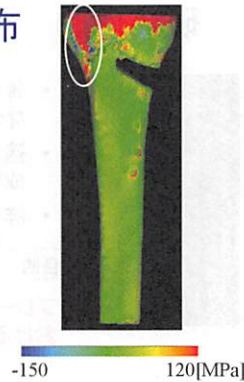


- 脛骨下端を完全固定
- 脛骨関節面の内側と外側に分布荷重を負荷 (HTOに関する過去の論文より比率を引用) J.D.Ageneskirchner et al 2007
- 50代日本人女性の平均体重54kg
- 歩行時を考慮し、荷重合計が体重の3倍となるように負荷
- 術後は段階的に負荷を増やしていくが、今回は全荷重負荷時について解析
- 関節面のモデル化が正確でないが、大腿骨と接触する位置を考慮し分布荷重を負荷

8

骨の最大主応力分布

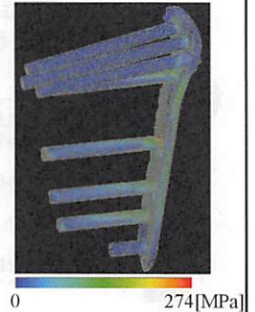
- 圧縮による降伏応力から引張による臨界応力までの範囲を表示
 - 関節面の形状が正確でないためその周辺で過大な応力が見られるが、骨切り面の応力分布への影響は比較的小さい
 - インプラント固定側と比較して、骨切り部の付け根側で高い応力が見られる
- ↓
- 手術によって、荷重が外側よりにかかるようになった影響



9

インプラントの相当応力分布

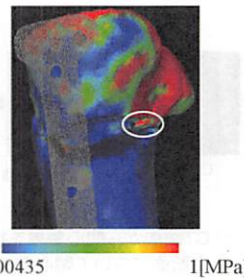
- Misesの相当応力
- 中央のスクリュー付け根と先端で高い応力が見られる
- 中央のスクリューへの負担が他と比べて大きいことから、スクリューの位置には改善の余地がある



10

骨切り面におけるひずみエネルギー密度分布

- 骨形成・骨吸収とひずみエネルギー密度の大きさには関係がある
- R. Huiskes et al 1987
- 骨切り部の奥で約1MPaのひずみエネルギー密度が発生
 - 過去の論文から骨形成が起こるひずみエネルギー密度のしきい値は0.00435MPa
- H. Weinans et al 1994



11

まとめ

- 手術やクリニカルカンファレンスなどの見学を通して、整形外科の治療が力学的根拠に基づいて行われている事を知った
- 模擬骨を撮影したCT画像を元に解析モデルを作成し解析を行った
- 骨切り面におけるひずみエネルギー密度分布と、骨形成を促すひずみエネルギー密度のしきい値と比較し、骨切り部の奥が骨形成を起こしやすい状態であることを確認した

今後の課題

- 解析モデルの見直し
 - 模擬骨の種類、関節面の正確なモデル化、材料特性、荷重拘束条件、メッシュサイズ等
- 評価方法の再検討
 - 荷重負荷回数や歩行サイクル、骨細胞の力学刺激に対する感度など様々な因子と骨形成の関係

12

謝辞

富山市民病院の先生方
病院関係者の方々
患者さん
大学の先生方
学務係の方々

厚く御礼申し上げます