

フック固定具を導入した脊柱変形 矯正術の多椎体有限要素解析

安 喜 友 哉

Tomoya AKI

機械システム工学専攻修士課程 1 年

1. 目的

脊柱変形症矯正手術では、固定最上端に強固な固定力の集中することにより、椎体の圧迫骨折やスクリューの緩みが好発する。これに対し、近年、固定最上端の椎体に適用するフック形状の固定具（椎体の横突起といわれる横に飛び出した突起に掛けて固定する）が採用されている。しかし、これが医師の感覚と経験のみに基づき採用されており、力学的な妥当性があるかどうか疑問が持たれている。そのため、フック固定具の力学的な妥当性の評価が必要である。本研究では、脊柱変形患者の X 線 CT 画像から多椎体有限要素モデルを構築し、固定最上端にフック固定具および、従来のスクリューのみによる固定具を挿入したそれぞれのモデルの有限要素解析を行い、結果を比較することで、フック固定具の導入の有用性を考察した。

2. 解析手法

患者の脊柱の X 線 CT 画像を基に、骨のイメージベース有限要素解析システム Mechanical Finder 上で第 7 胸椎（T7）から骨盤の椎体モデルを作成した。椎体モデルにスクリュー・ロッドのモデルを挿入し、固定最上端（T9）をそれぞれフック、スクリューとしたフックモデル、スクリューモデルを作成した。骨の材料特性として、CT 画像の白黒の濃淡値から、患者特有の非均質なヤング率分布を反映した。荷重条件として、T7 に付加した平板（椎体から 50mm 突出）の先に 100N を付与し、拘束条件として骨盤下部を完全拘束し、静弾性解析を行った。ヤング率分布と両モデルの T9 背面部を図 1 に示す。

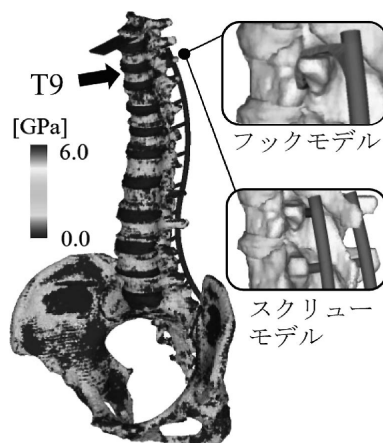


図 1 モデルのヤング率分布とフック／スクリューモデルの T9 背面

3. 解析結果と考察

T8 から T11 の各椎体に発生するミーゼス応力の平均値を図 2 に示す。

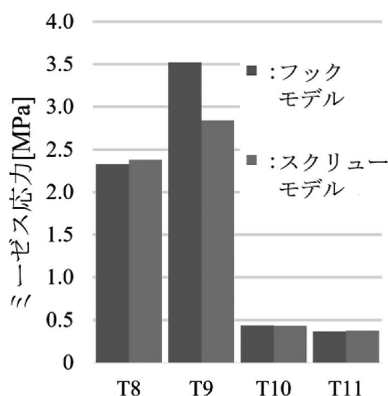


図 2 T8 から T11 のミーゼス応力の平均値

図 2 より、両モデルにおいて、T8, T9 の発生応力が顕著に高いことから、T8, T9 が矯正の負荷を受け持ち、固定術での荷重支持に重要な部位であると考えられる。また、スクリューが挿入されている最上の椎体は、フック、スクリューモデルでそれぞれ T10, T9 であり、それらの応力は、フックモデルの T10 の方が顕著に低い。これは、フック固定具の導入が、従来の固定法に比べ、スクリュー自体の緩みのリスクを低減させている可能性を示唆してい

る。一方で、フックモデルの T9 においてはスクリーモデルより高い応力が発生している。これについて、より詳細に評価するために、T9 横断面について評価した。

フックモデルの T9 横断面のミーゼス応力分布を図 3 に示す。

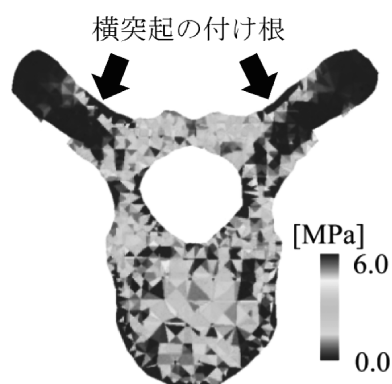


図 3 フックモデルの T9 横断面のミーゼス応力分布

図より、フックモデルの T9 において、他の部位に比べ、横突起の付け根と椎体前方に高い応力が発生している。これは、横突起がフックモデルの固定最上端の負荷を大きく受け持ち、スクリー周囲に作用する負荷を分散させている結果と考えられ、フック固定具の導入は有用である可能性が示唆された。一方で、この応力の上昇が、横突起と椎体前方への負荷や骨折のリスクなどに悪影響を及ぼさない範囲に留まっているか、今後より詳細な解析により評価することが必要とされる。