

厚生労働科学研究費補助金 難治性疾患等政策研究事業(難治性疾患政策研究事業)  
 分担研究報告書

脊柱靱帯骨化症に関する調査研究

研究分担者 今城 靖明 所属機関名 山口大学医学部付属病院 整形外科  
 研究協力者 西田 周泰、鈴木 秀典、船場 真裕

研究要旨

我々は、医用画像を基に作製された3次元脊椎モデルと従来の脊髓モデルを組み合わせ、様々なコンピューターシミュレーション解析を行おうとしている。しかし、詳細なモデルを作成すればするほど、様々な要素が入るため、解析の精度が正しいものか、また解析自体が可能かを検証する必要がある。今回我々はCT画像から得た脊椎モデルから頸椎モデルを作成し、髄節ごとに作成して3次元的にトリミングした頸椎モデルを付加、後縦靱帯骨化症を発症していると想定して頸椎の圧迫モデルを作成し、解析を行った。今後骨化形態を変えたり、除圧や固定範囲の検討などに使用できると考えられる。

A．研究目的

本研究では、医用画像を基に作製された3次元脊椎モデルと従来我々の教室が行ってきた脊髓モデルを組み合わせ、様々な解析を行う。

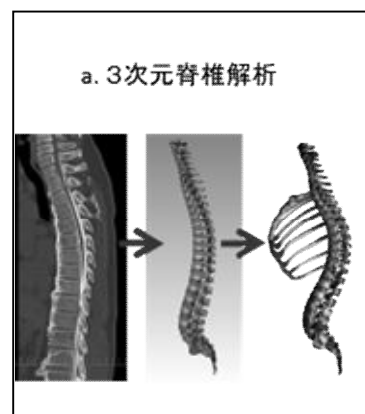
頸椎後縦靱帯骨化症、前縦靱帯が骨化したびまん性骨増殖症など、様々な骨化形態の脊椎モデルを作製した上で、脊椎モデルに前屈後屈の条件を与え、脊椎や脊髓にどのような影響が出るのか、またシミュレーションと実際の臨床が合致するのかを解析する。

B．研究方法

実際の患者より得たCT画像を基に有限要素法ソフトを介して全脊椎モデルを作成し、これに脊髓や骨化モデルを付加し、解析を行う。

(医用画像のシミュレーションモデル化に関しては、山口大学医学部附属病院倫理審査委員会承認済)

(図1) 脊椎モデル



本研究では頸椎モデルでは後縦靱帯、後縦靱帯骨化、第1頸椎、髄液、白質及び灰白質をモデル化した。

モデル作成にはJSOL社製3次元画像変換ソフトScanIP(ver.2018.3)を使用した。白質及び灰白質の作成には、頸椎の各断面(C2~C8)をSimpleDizitizerを使用して座標を作成し、これをScanIP内におけるスライス画像の座標に対応させることで作成した後、断面の連結を行

った。

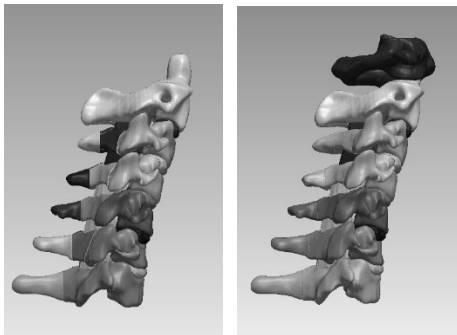


図 2. 頸椎モデル

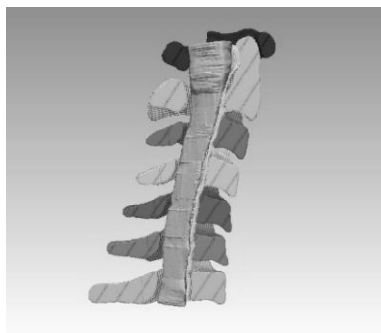


図 3. 硬膜モデル

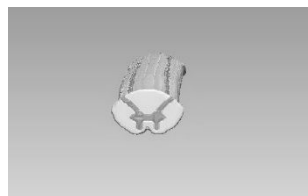


図 4. 頸髄モデル結果

後縦靭帯骨化は C4-C5 間の椎間板内に作成し、骨化後縦靭帯を背側に 1.7 mm 変位させる解析を実施した。

#### D. 結果

それぞれの解析結果について前角，後角，前索，後索，前正中裂でミーゼス相当応力の評価を行ったところ，すべてのモデルにおいて，応力が大きくなった。

Table 1 Stress of cervical spine model

	Cervical spine model
Anterior horn	0.003086
Dorsal horn	0.002406
Anterior funicular	0.000901
Posterior funicular	0.001168
Fissure mediana	0.0023

#### D. 考察、

本研究は後縦靭帯，髄液，頸髄を作成し，ウシ頸髄の白質及び灰白質の横断方向の圧縮試験により得られた材料特性を使用した後縦靭帯骨化症の骨化靭帯肥厚による頸髄圧迫シミュレーションである。

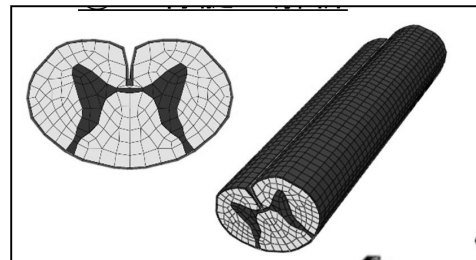


図 5. 従来の脊髄モデル

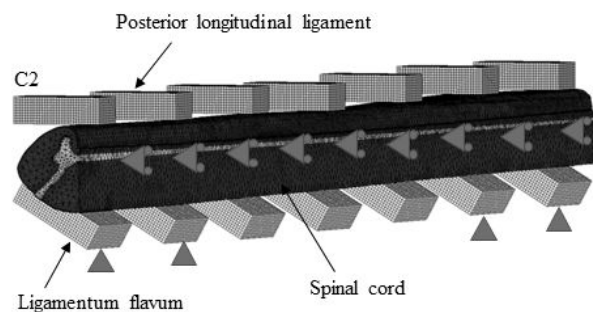


図 6. 脊髄トリミングモデル

従来は図 5 のように、どの断面でも頸髄の形態は同じで実臨床への応用には限界があった。これを解決すべく、脊髄の髄節モデルを 3 次元的にトリミングする手法を取り入れたが、脊髄が直線で、また骨化した靭帯など周囲の圧迫因子が直方で生理的な表現ができなかった。

これをさらに修正して行った内容が今回の解析である。靭帯骨化が形態と部位が一か所のみである点に限界があるが、詳細な頸髄モデル脊椎モデルでも脊髄内応力解析が可能であったことから、今後様々な骨化パターンと術後解析が可能になりうる。

## E．結論

今回より医用画像から得られた脊椎脊髓モデルを使用して、脊髓圧迫解析を行った。

詳細なモデルで工学的に解析できることが証明できたので、今後は実臨床の報告と合致するか、様々な骨化形態による圧迫モデルの作成及び、骨化、椎間可動性やアライメントに応じた除圧範囲などを検証していく。

## F．健康危険情報

なし

総括研究報告書にまとめて記載

## G．研究発表

### 1.論文発表

西田周泰、寒竹司、田口敏彦

【脊柱靱帯骨化症研究の進歩】骨化症の病態  
頸椎後縦靱帯骨化症の手術術式による脊髓応  
力分布変化

整形外科 69(6) 559-564, 2018

### 2.学会発表

船場真裕, 寒竹司, 今城靖明, 鈴木秀典, 西  
田周泰, 田口敏彦

脊髓誘発電位および骨化形態からみた頸椎後  
縦靱帯骨化症の発症因子の再検討

日本整形外科学会

船場真裕, 寒竹司, 今城靖明, 鈴木秀典,  
西田周泰, 田口敏彦

骨化形態と脊髓誘発電位からみた頸椎後縦靱  
帯骨化症の発症因子の再検討

日本整形外科基礎学術集会

## H．知的財産権の出願・登録状況

なし