

厚生労働科学研究費補助金 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 山口大学医学部附属病院 整形外科 准教授
研究協力者 西田 周泰 山口大学医学部附属病院 整形外科 助教
研究協力者 鈴木 秀典 山口大学医学部附属病院 整形外科 講師
研究協力者 船場 真裕 山口大学医学部附属病院 整形外科 助教

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。今回、実際の症例医用画像から頸椎モデルを作成し、硬膜、脊髓からなる脊髓モデルとの同時解析を行った。今後骨化形態を変えたり、除圧や固定範囲など症例を一般化して解析を行い、今後の症例に応じた術前の検討に使用できると考えられる。

A．研究目的

【はじめに】我々の教室では脊髓の解析と脊椎の解析を別々に行ってきた。その結果病態は解明できたが、同時解析はシミュレーション上高度で困難であった。今回この2つの要素を組み合わせ、3次元有限要素法頸椎脊髓モデルを医用画像より作成し、脊髓と硬膜などを考慮したモデルを付加し、頸椎後縦靱帯骨化症の解析を行った。

脊髓、硬膜は手動で作成した。

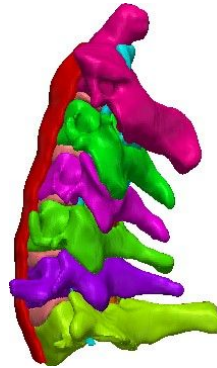


図 1. 頸椎モデル

B．研究方法

山口大学医学部附属病院にて、整形外科疾患で入院した患者の医用画像データをFEM解析に使用する臨床研究計画について倫理委員会より承認を得ている(H28-054)。

脊椎疾患で入院した患者の中から変形の少ない頸椎を持つ患者のCT画像を選抜して、有限要素法3次元脊椎脊髓モデルを作成した。椎体、椎間板(線維輪と髓核)、黄色靱帯、前縦靱帯、後縦靱帯はCT画像から、

圧迫因子として、後縦靱帯骨化モデルを作成した。硬膜や脊髓と頸椎が連動できるようにC2頭側で位置を合わせた。後縦靱帯骨化は、頸椎後弯モデルではModified K-line(本来OPLLの指標ではないが)を指標に用いて、そのline上まで作成した、前弯モデルではModified K-lineを使用してINT minが4mmになるモデルを作成した。

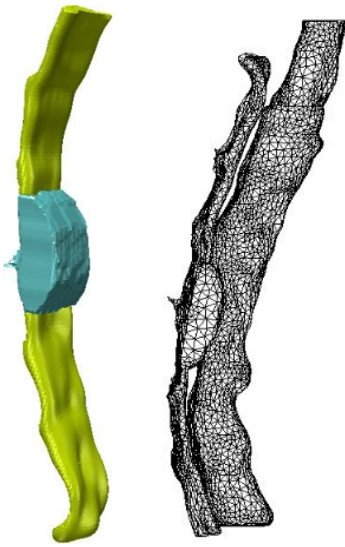


図 2. Modified K-line までの距離が 4mm の骨化部モデル

各組織の材料定数は文献を参考に設定し、C7 尾側を完全固定、頭側は頸椎と頸髄、後縦靭帯が運動して動作するように設定した。

このモデルに前屈、後屈の変位を与え、脊柱管内及び脊髄内の状態を解析した。

C. 研究結果

後屈において硬膜を含め脊柱管内の狭窄を認め、頸髄の圧迫も認め、髄内の応力が上昇した。

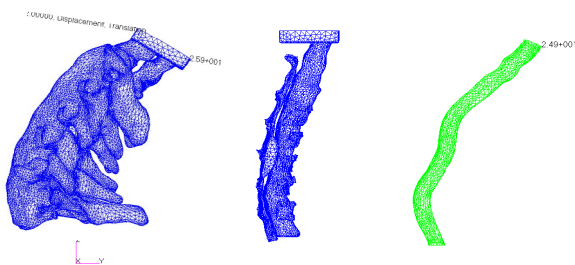


図 3. 後屈時の画像
脊柱管内の圧迫が強くなった。

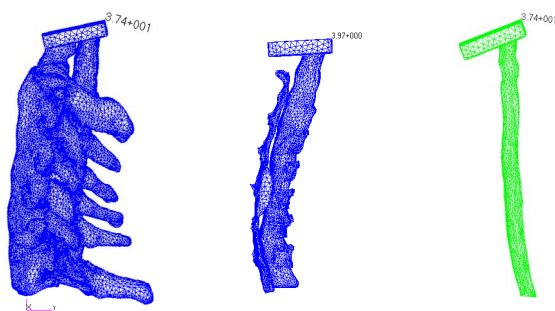


図 4. 前屈時でも脊髄内圧迫は低下するも前方の OPLL による圧迫は残存

D. 考察、

本研究では、CT 画像を基に頸椎の 3 次元モデルを作成し、硬膜、脊髄のモデル化と後縦靭帯骨化症による靭帯骨化を再現したモデルを作成した。このモデルに接触解析を導入して骨化部による中間位と前後屈運動時の圧迫シミュレーションを実施した。

頸椎 OPLL の術後改善率が低い理由として、後方除圧後に後弯が進行した場合と遺残した骨化によるインピンジメント、後方への不十分なシフトなどが挙げられている。臨床的には今回用いた K-line のような指標はあるが、シミュレーションを行った報告はない。

本解析のように、骨化が小さくても前屈時に脊髄への応力が残っており、実際の症例をシミュレーションができる可能性が示唆された。

限界として、髄液、神経根、歯状靭帯、血流を含んでいない点が挙げられるが、解析が何回であった接触解析が可能であったことで、今後の OPLL のコンピューター解析の発展につながると思う。

E. 結論

頸椎の可動に合わせた OPLL を伴う脊柱管内の解析が可能であった。今後頸椎のアライメントや脊髄形態のバリエーションを考慮した解析を行うことが可能であり、症例に応じた除圧範囲や固定範囲を考慮できる可能性が示された。

F. 健康危険情報

なし

G . 研究発表

1. 論文発表

Imajo Y, Kanchiku T, Suzuki H, et al.
Assessment of spinal cord relative vulnerability in C4-C5 compressive cervical myelopathy using multi-modal spinal cord evoked potentials and neurological findings [published online ahead of print, 2019 Jun 10]. *J Spinal Cord Med.* 2019;1 8.

2. 学会発表

舩場真裕, 寒竹司, 今城靖明, 鈴木秀典,
西田周泰, 坂井孝司
頸椎後縦靱帯骨化症発症因子は障害高位
によって異なるのか
日本脊椎脊髄病学会 (横浜)

西田 周泰, 蔣 飛, 小西 太一, Jia
Lu, 今城 靖明, 鈴木 秀典, 舩場 真
裕, 加藤 圭彦, 大木 順司, 陳 献,
坂井 孝司

頸椎後縦靱帯骨化症の頸髄圧迫シミュ
レーション 日本整形外科基礎学会

西田 周泰, 蔣 飛, 北住 怜, 今城
靖明, 鈴木 秀典, 舩場 真裕, 加藤
圭彦, 大木 順司, 陳 献, 坂井 孝司
びまん性特発性骨増殖症における脊椎
固定術の生体力学的評価
日本整形外科基礎学会

H . 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし