

(様式4)

## 学位論文の内容の要旨

( 船戸 貴宏 ) 印

(学位論文のタイトル)

Biomechanical Behavior of L3-L5 Vertebrae in Six Cadaveric Spines of Fusion Cage with or without Posterolateral and Bilateral Instrumentation

(6体の屍体脊柱 (L3-5) に対して両側または片側の椎体間固定を施し、様々な運動負荷を与えた際の屍体脊柱の生体力学的挙動に関する研究 )

(学位論文の要旨)

## 【はじめに】

近年、患者の負担を軽減する目的で、外科系手術分野全般において低侵襲手術が、広く導入されている。脊椎外科分野においても、椎弓根スクリュー (Pedicle Screw 以下PS) 固定を両側に用いずに片側のみに用いる腰椎固定術が実施されている。しかしながら、片側PS 固定を生体力学的に検討した報告は少ない。本研究は、片側PS固定及び両側PS固定を生体力学的に比較検討することを目的として、ヒト屍体腰椎を用いて曲げ試験、回旋試験を実施した。

## 【方法】

6体のヒト屍体腰椎のL3-5の脊椎分節を使用した。屍体年齢は54才～67才 (平均年齢61才) 。検体をR1、R2、R3、R4、R5、R6とした。各検体は、先ず2.5mradの放射線消毒を実施した。そして、ビニール袋にて密閉し、 $-20^{\circ}\text{C}$ で冷凍保存した。検体の解凍方法は、検体を $4^{\circ}\text{C}$ の環境下で8～12時間かけて自然解凍した。更に、実験前に30分程度、実験室の室温下に置いた。実験中は、検体の乾燥を防ぐため、適宜水道水を噴霧し検体の湿潤状態を保った。

実験は、フランス パリにある ENSAM (*Ecole Nationale Supérieure d'Arts & Metiers*) の研究室にて、6軸材料生体力学測定器(NF EN ISO / CEI 17025)を用いて行った。実験に使用したインプラントに関して、椎体間ケージは、TFC(Stryker<sup>®</sup>)を使用した。TFCのサイズは、直径が12mmまたは14mm、長さが21mmまたは26mmの4種類のTFCから、各検体の大きさに適したものを選択した。TFCは、L4/5椎体間に右後外側より設置した。PSとRodは、CLARIS spinal system (PSとrodは、いずれも直径6mm) を使用した。R1からR6に対して、以下の(1) から(4) の順に検体を加工して実験を行った。(1) モデルA: 何も手を加えていない正常モデル(2) モデルB: 右後外側にTFCを設置したモデル(3) モデルC: 右後外側にTFCを設置し、後方右片側にCLARISを設置したモデル(4) モデルD: 右後外側にTFCを設置し、後方両側にCLARISを設置したモデル。試験は、曲げ試験と回旋試験をおこなった。曲げ試験では、各モデルに対して3自由度の条件下で、前屈、後屈、右側屈、左側屈の4方向へ荷重を1Nm～8Nm、角速度は $0.1(\text{deg} / \text{s})$ で行った。回旋試験は、各モデルに対し、2自由度の条件下において、右回り、左回りの2方向に荷重を1Nm～8Nm、角速度は $0.1(\text{deg} / \text{s})$ で行った。全ての実験は連続的に繰り返し3回行い、その際の上位椎体(L4)の変位/角変位と各軸に発生する力/荷重を計測してコンピュータに記録し3回目のデータを実験結果として採用した。各実験におけるROM (range of motion)値は、曲げ試験及び回旋試験によって得られた荷重一回

転角度曲線における最大荷重8Nm負荷時の回転角度として求め、このROM値にて各モデルの比較を行った。

### 【結果】

（屈曲/伸展試験）モデルBはモデルAと比較して、6検体中3検体（R1, R3, R4）でROMが減少した。また、他の3検体（R2, R5, R6）でROMが増加した。モデルCは、モデルA及びモデルBと比較して、ROMは減少した。モデルDはモデルCと比較して、ROMは減少した。

（左右側屈試験）モデルBはモデルAと比較して、6検体中3検体（R1, R3, R4）でROMは減少した。モデルCはモデルAおよびモデルBと比較して、モデルDはモデルCと比較して、ROMは減少した。

（回旋試験）モデルBはモデルAと比較して、6検体中3検体（R1, R3, R4）で僅かなROMの減少を認めた。モデルDはモデルCと比較して、6検体中5検体（R2, R3, R4, R5, R6）で、ROMは減少した。

### 【考察】

我々は、6軸材料試験機を用いて、ヒト屍体腰椎に両側および片側PS固定した場合の曲げ及び回旋に対する剛性を解明した。曲げ試験に関しては、モデルDは、全ての方向においてROMは減少した。両側PS固定は、全ての方向に対して優れた固定性を有していると考えられた。また、片側PS固定では、左右側屈試験において固定性（剛性）が両側PS固定の半分程度であったことが明らかになった。また、PS固定を用いない椎体間ケージの単独使用は、脊柱不安定性を惹起する可能性が高いことも明らかになった。

脊柱の安定性は、内的支持機構（椎体、椎弓、椎間板、靭帯など）と外的支持機構（神経一筋系統）からなる。このうち、外的支持機構が脊柱安定性に果たす役割に関する研究は少ないが、その重要性はきわめて高く、Lucasらは、全ての体幹筋と胸郭を除いた脊柱は、きわめて不安定で、微力な外力により大きく変形することを示した。神経一筋系統による制御がある *in vivo* では、内的支持機構が椎間安定性に果たす比率は、*in vitro* より小さい。つまり、屍体脊柱における実験結果を直ちに生体に当てはめることは内的支持機構を過大に評価してしまうという危険性があるので注意を要する。

### 【まとめ】

本研究により、ヒト屍体腰椎に両側または、片側PS固定を実施した場合の曲げ及び回旋に対する剛性が解明された。片側PS固定も必要十分な力学的剛性が得られていることが証明された。