

ヒトは脊椎動物の仲間です。脊椎とは一般的には背骨のことで、24個の椎体とそれを連結する椎間板や靭帯によって構成されています。脊椎の役割には体重を支える働き、体に柔軟な屈曲や回旋などの動きを与える働き、脊椎の中を走る神経を保護する働きの3つがあります。その脊椎が病気や怪我によって損傷を受けてグラグラになったときは、脊椎インプラントと呼ばれる金属製の器具で損傷した脊椎を固定する手術を行います。従って、損傷によって脊椎がどれくらいグラグラになるのか？や、器具によってグラグラがどれくらい止まるのか？を正確に把握することは、適切な治療を行う上でとても重要です。著者の研究室では、医学系研究科脊椎外科・医用工学講座の先生方と連携して、このような脊椎運動の力学的評価に取り組むことにより、脊椎インプラントの開発環境を支えるための共同研究を行っています。

まずは、実験の概要について紹介します。本研究では、図1に示す脊椎強度測定用6軸材料試験機を使用して、脊椎インプラントの固定性・可動性を評価する力学試験を行っています。本試験機は、2本1組の直動型アクチュエータ(上下方向に直線運動する駆動装置)を120°対称に並行配置した垂直直動型パラレルメカニズムが採用されており、これら6本の駆動源を独立して制御することにより空間中で任意の6自由度運動を生成することができます。また、エンドエフェクタ(試験体を固定する手先部)に荷重モーメントセンサ(荷重とモーメントを検出する装置)を備えているためx、y、z軸方向の力と各軸回りのトルクを検出することができ、さらに、検出した値を制御系にフィードバックすることによって力/トルクによる制御を行うことも可能です。この試験機に試験体を取り付け、ヒトの運動を想定した力学試験、例えば前後屈・左右側屈方向の曲げ試験や頭尾軸周りの回旋試験などを実施します。そして、これら各種力学試験にて得られたトルク-回転角度曲線より、所定のトルク負荷時の回転角度を椎間可動域(以下ROM)と定義し、ROMを評価指標として脊椎インプラントの固定性・可動性を検討します。

次に、実験結果の一例を紹介します。図2は、イノシシ屍体腰椎に前後屈、左右側屈、およびこれらの中間方向の計8方向の曲げ試験を実施することにより、現在の脊椎手術で最も頻繁に使用されている脊椎インプラント(以下PS)の効果を調査した結果で、(a)がPSを両側に装着したモデル、(b)が片側のみに装着したモデルです。図2(a)に示すように、両側PSモデルのROMは、全ての方向において損傷モデルから大きく減少して正常モデル以下となることが分かります。このことから、両側PS固定術は全ての方向において強固な固定性を有していると考え

られます。一方、図2(b)に示すように、片側のみPSを装着したモデルのROMは、前後屈、左右側屈、左前および右後の6方向に関しては損傷モデルから減少して正常モデル以下となりますが、右前および左後方向では損傷モデルからほとんど変化しないことが分かります。このことから、片側PS固定術は、曲げ方向によって固定性が異なり、特にPS挿入の対角方向(右前左後方向)の固定性が弱い術式だと考えられます。このような実験の積み重ねが、客観的・定量的な脊椎疾患治療を提供するための一助となり得ることを信じて、今後も医工連携共同研究を進めていきます。

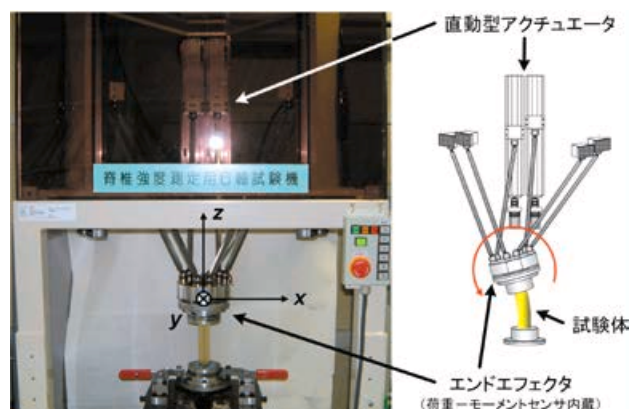


図1: 脊椎強度測定用6軸材料試験機および曲げ試験の模式図

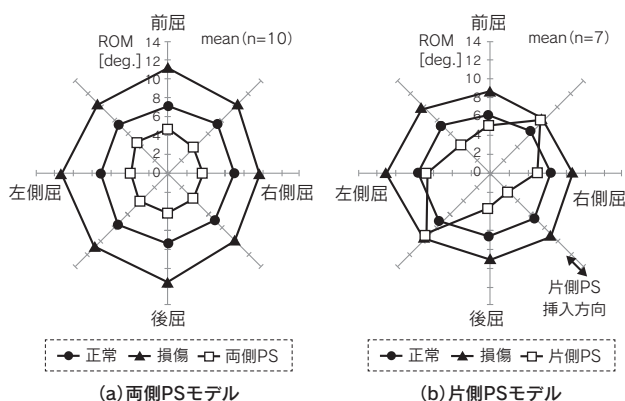


図2: イノシシ腰椎の曲げ試験結果

【参考文献】

1. 茂木, 稲葉, 笠井, 他, 6軸材料試験機を用いた脊椎変形挙動の実験的解明(第1報, 脊椎強度測定用試験機の開発), 日本機械学会論文集A編(2008)
2. 稲葉, 笠井, 渡邊, 他, 6軸材料試験機を用いた脊椎変形挙動の実験的解明(第2報, 片側PS固定術の脊椎固定性に関する力学的評価), 日本機械学会論文集A編(2010)