

## *in vivo* 衝撃による脳損傷モデルの構築

交通安全環境研究所 自動車安全研究領域 松 井 靖 浩  
日本大学工学部 機械工学科 西 本 哲 也

### 概 要

我が国における交通事故による死亡者数は4,914人(2009年)である。頭部は最も多い損傷主部位(2,302人:47%)であることから、外傷性脳損傷は人の生命を奪う危険性が高いことを示唆している。従来、生体工学分野では、脳のマクロレベルでの衝撃耐性を調査する研究が主に行われてきたが、ミクロレベルでの衝撃耐性を明確にし、工学的定量化を行うことでより詳細な外傷評価を行う必要がある。

本研究では、動物の脳を対象としたミクロ損傷の工学的定量化を行うことを目的とした。ここでは、豚の脳実質を対象として①*in vitro* 応力緩和試験、②*in vivo* 衝撃実験を遂行した。①、②において、力学刺激を負荷した脳実質の細胞における横変形に対する縦変形の比の分布度合いを調査した。

①*in vitro* 応力緩和試験では、圧縮速度1 mm/sで試料を垂直方向に圧縮し、圧縮ひずみが目的のひずみに達した時点で変位を140秒間保持した。圧縮ひずみは、10, 20, 30, 40, 50%の5種類とした。本研究では、神経細胞の縦変形に対する横変形の比(神経細胞変形比と呼称)に着目する。コントロール群として、圧縮を加えない条件下では、神経細胞の変形比は1.5以下であった。応力緩和試験において圧縮を加えると、神経細胞変形比が1.5を超える細胞が存在し、特に圧縮ひずみが30%を超える条件下では、神経細胞変形比が1.5を超える細胞が急激に増加する傾向にあることがわかった。各圧縮ひずみにおける細胞変形比に着目すると、圧縮ひずみ20%と30%では、統計的に有意な差が存在することが判明した。この結果から、圧縮ひずみ30%は神経細胞損傷の閾値に相当する可能性が高いことが推察される。

②*in vivo* 衝撃実験では、豚は人工換気を施した非覚醒状態とし、開頭した脳に対して衝撃子を低速度3.3 m/s、高速度7.2 m/sで衝撃を与えた。衝撃箇所には、脳挫傷が生じた。特に、高速度7.2 m/sの衝撃条件下では、脳表面において神経細胞変形比が1.5を超える細胞が増加し、硬膜を外した条件では1.5を超える細胞が顕著に観察された。

上記*in vitro* 応力緩和試験結果から、圧縮ひずみが30%を超えると神経細胞の縦変形に対する横変形の比が1.5以上となる割合が増加し、圧縮ひずみ30%はミクロレベルにおける細胞損傷の閾値に相当する事が推察される。*in vivo* 衝撃実験結果から、高速度衝撃条件下では、横変形に対する縦変形の比が1.5を超える細胞が増加することから、速度や衝撃子の脳実質に対する圧入量は細胞の変形に依存することがわかった。このように、脳が加圧される方向での脳全体の圧縮ひずみは、脳損傷の一評価基準となり得る可能性のあることが考えられる。

実際の交通事故条件下では、頭部は並進、回転を含む複雑な挙動を示すが、脳損傷を正確に評価するためには計測装置や試験条件、評価指標について複雑性が伴う。ここでは、「ひずみ」が脳損傷評価の一指標となり得る可能性を示した。尚、本実験は、日本大学動物実験委員会の承認を得て遂行されている。