

レーザー誘導型パルスジェットメスによる細血管温存効果の評価

Evaluation of blood vessel preservation using laser-induced liquid jet

東大院¹, 東京電気大², 産総研³, 東北大⁴, 広南病院⁵ ○加藤 峰士¹, 荒船 龍彦², 鷲尾 利克³, 中川 敦寛⁴, 小川 欣一⁵, 富永 悌二⁴, 佐久間 一郎¹, 小林 英津子¹

The University of Tokyo¹, Tokyo Denki Univ.², AIST³, Tohoku Univ.⁴, Kohnan Hospital⁵ ○Takashi Kato¹, Tatsuhiko Arafune², Toshikatsu Washio², Atsuhiko Nakagawa⁴, Yoshikazu Ogawa⁵, Teiji Tominaga⁴, Ichiro Sakuma¹, Etsuko Kobayashi¹

E-mail: kato@bmpe.t.u-tokyo.ac.jp

【背景と目的】脳神経外科のように、脳という重要器官の外科手術において、術者は患者の負担軽減と QOL 向上のために、周囲の細血管や神経等を温存して病変部位の摘出が求められる。この要請に対し、我々はレーザー誘導型パルスジェットメス(LILJ: laser-induced liquid jet)を開発している。LILJ はこれまで下垂体腫瘍摘出に対し一定の効果をあげる一方で[1]、細血管温存の機序について十分な力学的解釈が与えられていない。本研究では機序解明の基礎的検討として、ジェットによる細血管の大局的ひずみ量と破断時のひずみ量との比較から、LILJ の安全性について考察した。

【方法】LILJ は、パルス状の Ho:YAG レーザー光(波長:2.1 μm 、パルス幅: 350 μs)を光ファイバーにより水が充填された金属細管に導入し、発生した水蒸気気泡によって細管先端からパルスジェットが噴出する(14 m/s)。このジェットを、金属台座に張った豚の腸間膜の細血管($\phi 0.5\sim 1.0\text{mm}$)に衝突させ、その瞬間に生じる長手方向のひずみ量を高速カメラ (FASTCAM SA4, Photron, Japan)を用いて 15,000fps で撮影した。これを画像処理することで、変形箇所のひずみ量を算出した。血管の破断ひずみ量は、材料試験(島津製作所、EZ-Test)により、引っ張り試験を行って求めた。

【結果と考察】材料試験の結果、破断時のひずみ

量は 2.07 ± 0.24 (N=3)であった。図 1 上はジェット衝突時から 6.00 ms までの形状変化を表しており、衝突時には約 3 mm という狭い範囲で変形が生じていた。図 1 下は長手方向のひずみ変化で、それぞれのタイミングでの変形領域における最大ひずみ量は 1.384 ± 0.057 (N=5)であった。0.8 ms で立ち上がったのは、レーザーをトリガにして計測したために、ジェットの正確な衝突時と 1 フレーム目の間にずれが生じたからである。

以上の結果から、LILJ は実験で用いた腸間膜の血管を破断させるだけのひずみを十分に与えることが出来ないことが分かった。今回は実験を行うために必要な長さが確保できる血管として腸間膜を用いたが、ジェットによる変形の仕方は血管の粘弾性特性に依存する。よって、他の部位の血管についても、腸間膜内血管の物性値と同程度であれば、ジェットによる変形は図 1 のような変形が起きるものと考えられ、さらに破断ひずみが得られれば、同様の解析で安全性が評価できる。

【結論と展望】本研究により、腸間膜における LILJ の血管温存性が示された。課題としては、利用できる血管の少なさによるサンプル数の少なさと、局所的なひずみ分布が得られていない点があるので、今後の追加実験で明らかにしていく。

[1] Y. Ogawa, et. al., *Acta Neurochir. (Wien)*, **155**, 10, 1879-86, Oct. 2013.

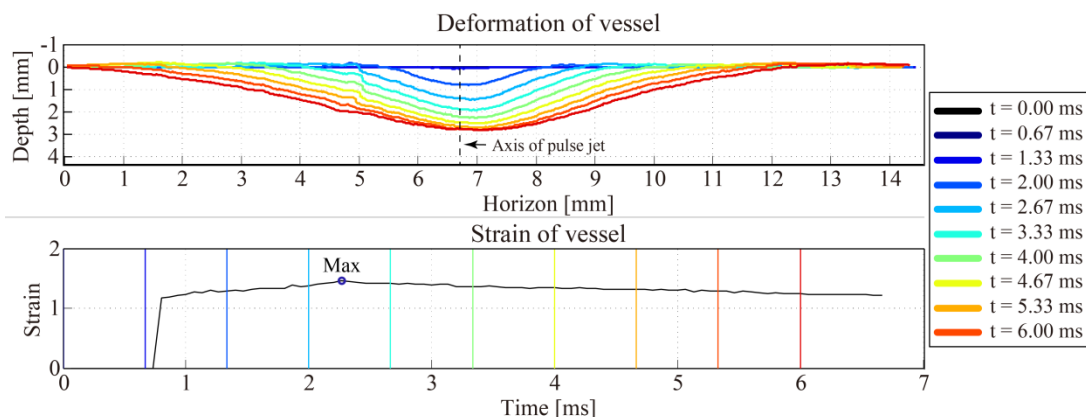


図 1. 血管の長手方向の変形(上)とひずみの経時的変化(下)。衝突時(0.00 ms)から 6.00 ms までを等間隔に 10 本プロットした。