

脳神経外科手術における連続的腫瘍摘出鉗子の開発

—3倍スケールモデルによる試作と検証—

Development of Forceps for Brain Surgery that can Resect Tumors Continuously

—Evaluation with trial forceps made by triple sized model—

○ 清水ふみ香(芝浦工大) 花房昭彦(芝浦工大)

正宗賢(東京女子医大) 村垣善浩(東京女子医大) 伊関洋(早稲田大)

Fumika SHIMIZU, Shibaura Institute of Technology
 Akihiko HANAFUSA, Shibaura Institute of Technology
 Ken MASAMUNE, Tokyo Women's Medical University
 Yoshihiro MURAGAKI, Tokyo Women's Medical University
 Hiroshi ISEKI, Waseda University

Abstract: Generally brain tumor is resected by forceps in neuro surgery. However, there are several problems that are small amount of resected tumors at a time and need frequent resection by the doctor. Therefore, a new forceps combining the aspirating function is proposed. The first prototyping and the evaluation of the forceps are described in the paper. Two kinds of trial forceps by triple sized model were fabricated by using a stereolithography apparatus. The ring parts is used for the first model and cover parts is used for the second model. Suction experiments by using trial forceps and the alternative tumor model (tofu) were performed and the suction pressure when the alternative tumor model is aspirated was measured. As a result, these models have abilities to aspirate the alternative tumor model, and the sealed condition is improved when the model with cover parts is used.

Key Words: Neuro surgery, Forceps, Tumor, Resect, Aspirate

1. 序論

現在、脳神経外科では鉗子を用いて脳腫瘍摘出の手術が行われている。鉗子は鉗のような形状をしている処置具であり、手元での操作により先端の刃部の開閉を行うことができる。従来の脳腫瘍の摘出方法では、まず鉗子の先端にあるカップ部分で腫瘍の採取を行う。その後鉗子を抜き出し、カップ部分から採取した腫瘍を取り出し、再び鉗子を挿入するという動作を繰り返すことで行われている。しかしこの方法には、一回の摘出量が少なく⁽¹⁾、鉗子の出し入れに手数がかかるため、手術時間を要するという問題点がある。また、手術時間を要すると患者と術者の双方に負担がかかる。本研究では、従来の鉗子の操作・機能・形状を損なわない新しい鉗子の機構考案を行った。また、考案した鉗子に吸引システムの導入を行うことで、腫瘍摘出の簡易化・効率化を可能とする、連続的腫瘍摘出鉗子の開発を目的とした。

2. システム構成

連続的腫瘍摘出鉗子のシステム構成を Fig.1 に示す。鉗子の先端を閉じた状態で術部に挿入し、腫瘍付近で鉗子を開き腫瘍を吸着する。吸着した腫瘍は、鉗子の先端を閉じることにより切除し、切除した腫瘍は吸引した後にトラップで回収する。吸引は真空ポンプによって行い、吸引圧の制御は開閉検知センサ、圧力センサ、圧力コントローラ、真空レギュレータ等にて行う。なお、現在はこのシステムの核となる連続的腫瘍摘出鉗子の開発を行っている。

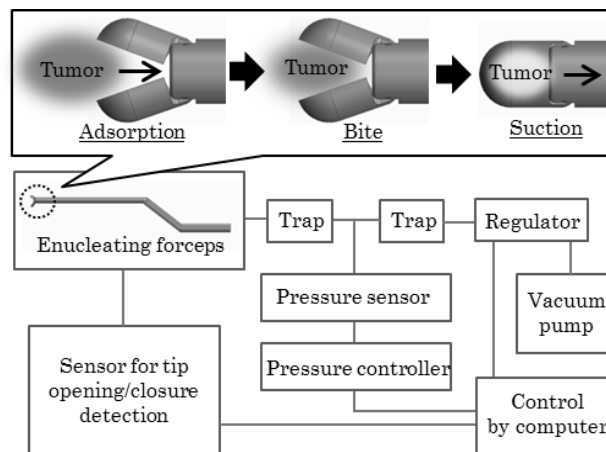


Fig.1 System configuration

3. 要求仕様

連続的腫瘍摘出鉗子を開発するにあたり、以下の要求仕様を満たす必要がある。

- (1) 外径は従来の鉗子(φ4[mm])と同等とする。
- (2) 鉗子先端と管の内部は空洞を確保する。
- (3) 鉗子の形状はバイオネットとする。
- (4) 先端の開き角度はできる限り確保する。
- (5) 力を加えた状態で、先端部は閉じた状態となる機構とする。

上記の仕様は、東京女子医科大学での手術見学、医師とのディスカッションで挙げられた。

4. 機構考案

4-1 機構詳細

前項で挙げた仕様を満たす機構の考案を行った(Fig.2). 本機構はチップ、リンク S, リンク L, 管で構成されている. リンク L を矢印の方向に引くことによりリンク S も同時に引くことができる. リンク S は, ピンを用いてチップと結合されているため, リンク S を引くことによりパイプと固定を行われているチップは, パイプとの固定位置を軸として回転する. これにより先端を開くことができる.

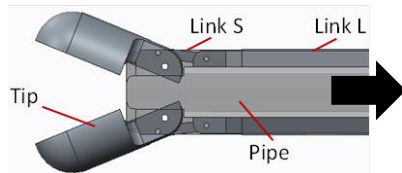


Fig.2 Mechanism of enucleating forceps

4-2 新しい部品の検討

上下にある2つのリンク L を同時に引くことを目的として, Fig.3 の左図で示すようにリング部品を装着していた. リンクを引くことによりチップを開くことは可能であったが, リンク S 等の機構部分に隙間ができてしまい, 先端部の密閉度が低くなるという問題点が挙げられた. そこで, 先端部の密閉度向上を目的として, Fig.3 の右図に示すようなカバー部品を考案した. カバーを用いることにより機構部分を覆う事ができ, 先端部の密閉度が向上すると考えられる.

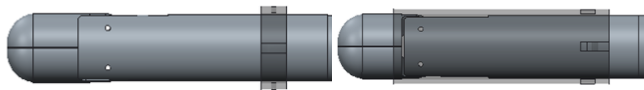


Fig.3 Trial models(Left : with a ring / Right : with a cover)

5. 3倍スケール試作

考案した鉗子モデルのスケールを3倍したものを, 小型光造形機 Unirapid II (株式会社アズマ工機)を用いて試作を行った. 原料は SOMOS8110 を使用した. 作成した試作を用いて機構の動作検証を行った結果, 実際にカバーを引くことで, チップの開閉動作が可能であった(Fig.4). また, 先端の開き角度は最大で約180度確保する事が可能であった. 以上のことから, 開き角度に関しては, 要求仕様を満たすことが可能であった.

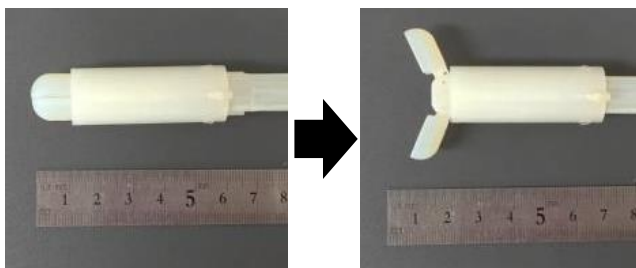


Fig.4 Tip opening/closure test

6. 吸引実験

6-1 目的

リング装着モデルと, カバー装着モデルを用いて吸引実験を行った. 吸引時の圧力を測定し, 先端の密閉度に対するカバー部品の有効性評価を目的とした.

6-2 方法

鉗子試作モデルは Fig.3 に示した2種類を用いた. 鉗子試作モデルはφ8[mm]のチューブにつなぎ, 鉗子先端部は空洞の場合と腫瘍代替モデル(豆腐⁽²⁾)で満たした場合の2通りを行った. 真空ポンプ(LMP-100 アズワン株式会社)により吸引を行い, その際の吸引圧を圧力センサ(PSE543-M5 SMC 株式会社)を用いて計測し, 各5試行を行った. なお, 計測値には3[Hz]のローパスフィルタをかけ, 5試行分の平均値を求めた.

6-3 結果と考察

Fig.5 は先端部が空洞の場合の各モデルの吸引圧平均値の変化を比較したものである. チップのカバー装着モデルとリング装着モデルの吸引圧は各々約-5[kPa], 約-2.5[kPa]であった. また, Fig.6 は先端部を腫瘍代替モデルで満たした場合の吸引圧平均値の変化を比較したものである. チップのカバー装着モデルとリング装着モデルの吸引圧ピークは各々約-22[kPa], 約-18[kPa]であった. 以上のことからカバー部品は鉗子先端部の密閉度を向上したといえる.

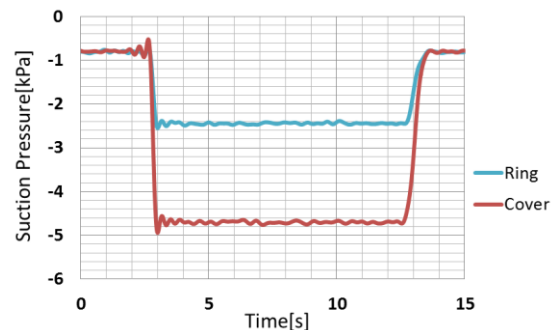


Fig.5 Result of suction experiment

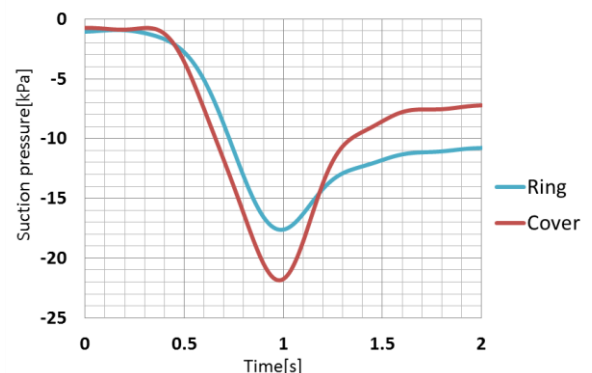


Fig.6 Result of suction experiment with tofu

7. まとめ

先端の密閉度向上を目的としてカバー部品の考案を行い, 鉗子モデルのスケールを3倍したものを, 光造形機を用いて試作を行った. 試作したカバー装着モデルを用いて吸引実験を行った結果, 以前作成したリング装着モデルと比較して先端部の密閉度が向上していることが確認できた.

参考文献

- (1) 鈴木智成 他, 脳腫瘍の外科療法 神経内視鏡下手術 (新時代の脳腫瘍学--診断・治療の最前線), 日本臨床 Vol.68, pp.368-374, 2010.
- (2) 小野寺賢 他, 手術訓練用脳モデル, Rokko Research Wind of Engineering, Vol.9, No.1, pp2-7, 2009.