

OS2-4

複合低エネルギーによる鉗子型融着デバイスの温度制御技術

Temperature control of adhesion forceps using integrated low-level energies

○ 丸岡寛明 (茨城大学) 増澤 徹 (茨城大学) 青代敏行 (茨城大学)

尾関和秀 (茨城大学) 加藤綾子 (埼玉医科大学)

岸田晶夫 (東京医科歯科大学) 樋上哲哉 (札幌医科大学)

Hiroaki MARUOKA, Ibaraki University
 Toru MASUZAWA, Toshiyuki AODAI, Kazuhide OZEKI, Ibaraki University
 Ayako KATOH, Saitama Medical University
 Akio KISHIDA, Tokyo Medical and Dental University
 Tetsuya HIGAMI, Sapporo Medical University

Abstract: We have developed an adhesion forceps using integrated low-level energies of heat and pressure. In order to adhere smaller vessels which are lower diameter than 4 mm, three couples were set on a heater tip of the adhesion device. The heater and tissue temperature were measured with three thermo couples. An algorithm to distinguish of thermo couple which is in contact with tissue was installed into the temperature control system which consists of a digital PID controller with a PWM amplifier. The selection of a thermo couple in contact with tissue and the tissue temperature control were achieved successfully with a judgment time of 3 seconds.

Key Words: Adhesion, Surgical device, Temperature control

1. 緒言

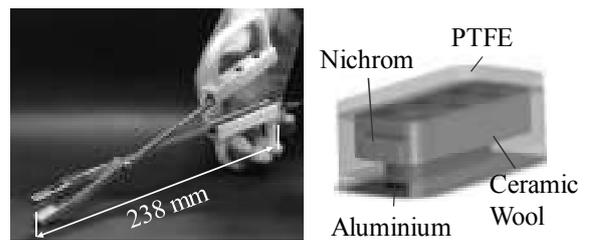
我々は、低エネルギーの熱・圧力を複合して生体組織に与えることで、低損傷で高強度な血管止血を実現する新しい鉗子型融着デバイスの開発を行っている⁽¹⁾。これまで、本デバイス先端のヒータ温度測定をヒータ側面に取り付けた1つの熱電対で行っていたため、幅5mm未満の生体組織の場合、熱電対が生体組織に触れず正確な生体組織温度で制御できなかった。そこで本研究では5mm未満の生体組織に対応するため、ヒータに3つの熱電対を取り付けた。ヒータと生体組織接触時の温度変化を測定し、3つの熱電対の内、生体組織が接触している熱電対を検出する計測アルゴリズムを構築した。そして構築したアルゴリズムを用いて生体組織温度の制御実験を行った。

2. 方法

2.1. 鉗子型接合実験装置概要

図1に鉗子型融着デバイスとヒータ構造の概略図を示す。本デバイスは全長238mmの鉗子型である。デバイス先端にヒータを配置して、生体組織を挟むことで熱と圧力を与える。ヒータは断面積が幅1mm、長さ10mmのアルミニウム片に長さ35mm、抵抗33.78Ω/mのニクロム線を巻いたものを用いた。またヒータ周囲に断熱材のPTFEを配置した。ヒータと生体組織温度計測用熱電対の取り付け位置を図2に示す。熱電対はヒータ先端から2mm、中心、後端から2mmに取り付け、先端より熱電対①、②、③と定義する。温度制御システム構成を図3に示す。温度制御はデジタルPID制御器、専用PWMアンプと熱電対を用いて行う。ヒータで生体組織を挟むまでの温度を予熱温度、挟んでいるとき生体組織が熱電対に触れるためこの温度を生体組織温度と定義する。デジタルPID制御器は熱電対による温度と目標温度の差よりPID信号を生成する。PID信号は専用PWMアンプに入力されPWM信号に変換される。PWM信号をPWMアンプ内のFETで増幅し、ヒータに流す電流をスイッチング制御することで、予熱温度と生体組織温度を制御する。予熱温度と生体組織温度はデジタル

PID制御器で目標温度を切り替える。



(a) Overall view (b) Image view of heater

Fig.1 Forceps type adhesion device

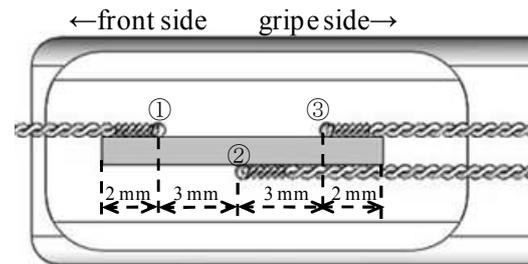


Fig.2 Thermo couple set position

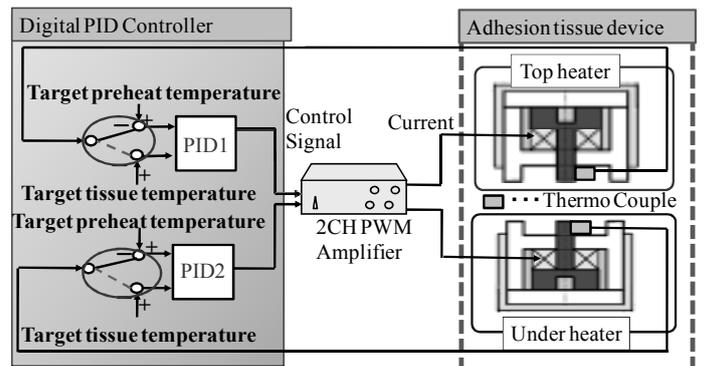


Fig.3 Temperature control system

2.2. 温度変化計測実験

生体試料を用いて温度計測を行った。実験に用いる生体試料はブタ大動脈血管とし、厚さ 0.3 mm~0.7 mm, 4 mm×20 mm の短冊形に加工したものとした。ヒータは 80 °C, 100 °C に予熱しておき、生体試料を挟むと同時にヒータ加熱を止め 30 秒間ヒータの各点温度を測定した。生体試料は 3 つの熱電対の 1 つだけに接触するように挟んだ。

2.3. 生体組織温度の推定方法

(a) 計測アルゴリズム

2.2 の実験結果より検討したアルゴリズムのフローチャートを図 4 に示す。T は現在温度、 T_{last} は 0.1 秒前の温度、t は時間を示す。アルゴリズムには融着開始時温度 T_0 と一定時間 set time 後温度 T_{judge} を比較する判定 A, 融着開始時から 0.1 秒毎に温度が低下した回数 i の一定時間後合計回数 N を見る判定 B がある。判定 A, B を同時に満たす熱電対に生体組織が触れているものとし、熱電対の温度をヒータの制御に用いる温度とした。

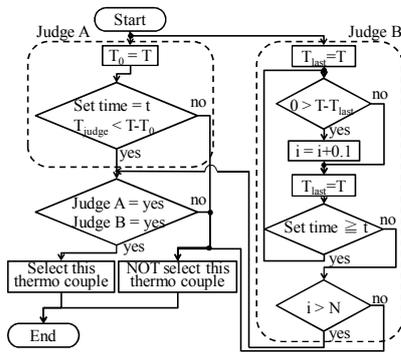


Fig.4 Algorithm for identification of contact portion

(b) 温度制御実験

図 4 のアルゴリズムを図 3 の温度制御システムに組み込み、温度制御実験を行った。判定条件は 2.2 節の実験結果より、判定時間 3 秒、判定温度 2.5 °C、判定回数 1.5 とし組織の温度を制御した。生体組織は 3 つの熱電対の 1 つだけに接触するように挟んだ。実験条件は予熱温度 80 °C、目標温度 80 °C、時間 30 秒とした。判定までの温度制御に用いる熱電対は熱電対②とした。

3. 結果

3.1. 温度変化測定結果

ヒータで生体組織を挟んだ際の温度変化を図 5~7 に示す。全ての条件において、生体組織を挟んでから約 3 秒で、生体組織を挟んだ位置のヒータ温度が 10 度程度下がった。挟んだ位置が熱電対①, ③の場合、温度は常に 3 つのうちで最も低い温度を示した。挟んだ位置が熱電対②の場合、生体組織を挟んでから 1-3 秒程度の間のみ 3 つのうちで最も低い温度となった。

3.2. 温度制御実験結果

図 4 のアルゴリズムによる 3 つの熱電対と制御に用いた温度変化を図 8~10 に示す。(a) は熱電対①~③の温度、(b) はヒータの制御に用いている温度を示す。3 秒までは熱電対②で制御しているが、3 秒以降は接触した熱電対を判定し、組織温度で制御していることがわかった。

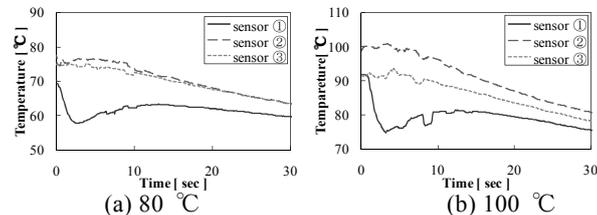


Fig.5 Temperature change of nipping sample on point ①

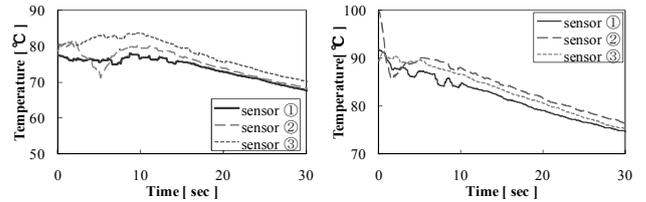


Fig.6 Temperature change of nipping sample on point ②

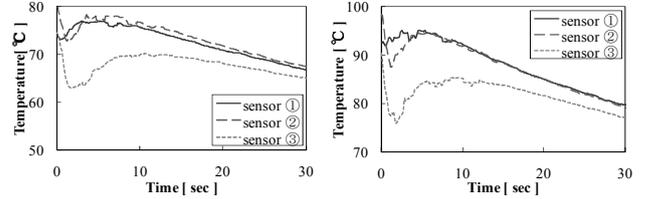


Fig.7 Temperature change of nipping sample on point ②

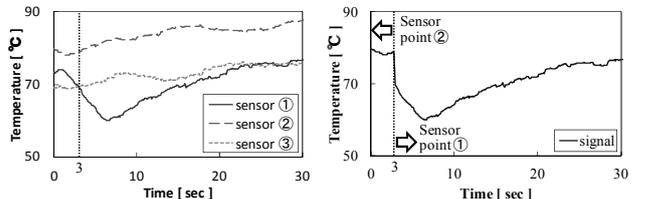


Fig.8 Temperature change of nipping sample on point ①

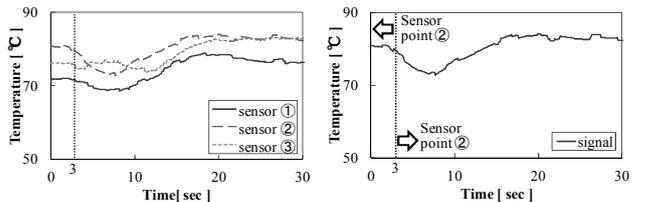


Fig.9 Temperature change of nipping sample on point ②

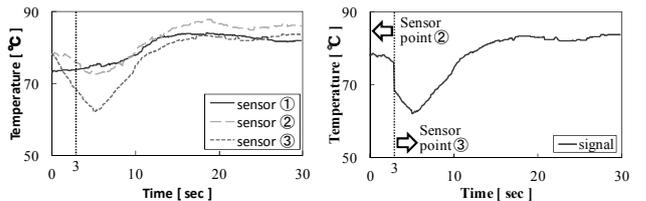


Fig.10 Temperature change of nipping sample on point ③

4. 結言

本研究は鉗子型融着デバイスのヒータに複数の熱電対を取り付け、ヒータの温度変化について測定し、得られたデータより計測アルゴリズムの検討を行った。アルゴリズムには融着開始時温度と一定時間後温度を比較する判定 A, 0.1 秒毎に温度が低下した回数の合計を見る判定 B を適用した。判定 A, B を同時に満たす熱電対に生体組織が触れているものとして実験した。生体組織が触れている熱電対を判別し、対象の熱電対の温度で制御を行うことができた。

5. 参考文献

- (1) 猪野学, 増澤徹, 青代敏行, 加藤綾子, 岸田晶夫, 極上哲哉, 「低エネルギー生体融着デバイスの発熱機構の開発」, 日本生体医工学会関東支部若手研究者発表会 2010 予稿集, B-3-2