低エネルギー複合による生体接合技術の開発

Tissue adhesion technology with integrated low level energies

○濱口崇志¹, 増澤徹², 加藤綾子³, 尾関和秀², 木村孝之⁴,
岸田晶夫⁵, 木村剛⁵, 樋上哲哉⁶, 佐藤裕一郎⁷, 山本芳郎⁷

1. 茨城大学大学院理工学研究科機械工学専攻, 2. 茨城大学工学部機械工学領域,
3. 医療機器センター, 4. 茨城大学工学部電気電子工学領域,
5. 東京医科歯科大学生体材料工学研究所,
6. 札幌医科大学医学部外科学第二講座, 7. ミワテック

○Takashi Hamaguchi¹, Toru Masuzawa², Ayako Katoh³, Kazuhide Ozeki², Takayuki Kimura⁴,
Akio Kishida⁵, Tsuyoshi Kimura⁵, Tetsuya Higami⁶, Yuichiro Satoh⁷, Yoshiro Yamamoto⁷

1. Dept. of Mech. Eng., Grad. sch. of Sci. and Eng., Ibaraki Univ., 2. Dept. of Mech. Eng., Ibaraki Univ.,
3. Jap. Assoc. for the Advancement of Medical Equip., 4. Dept. of Electrical and Electronic Eng., Ibaraki Univ.,
5. Inst. of Biomaterials and Bioengineering, Tokyo Medical and Dental Univ.,
6. Dept. of Second Surg., Sapporo Medical Univ. Sch. of Medicine, 7. Miwatec Co., Ltd.

1. はじめに

糸と針に替わる生体組織接合技術として、超音波メスや電気メス、レーザーの応用が検討されているが、高エネルギーを用いた組織接合では、生体組織の損傷が問題となる。そこで、本研究では、振動、熱、圧力の3種の低エネルギーを複合させて与えることにより、低損傷で生体組織を接合する新しい技術を提案する。基礎的研究として、接合実験装置と引張試験機を製作し、種々の接合条件時の接合強度を評価したので報告する。

2. 方法

〔装置概要〕 接合実験装置の概略図を Fig. 1 に示す。本装置は接合対象物に振動と熱と圧力を同時に与えることができる構造とした。接合対象物の下からピエゾ素子を用いて振動を与え、接合対象物の上からセラミックヒータを用いて熱を与えた。このヒータの先端形状は $1\text{mm} \times 4\text{mm}$ とした。さらに、このヒータの取り付け部にリニアスライダ機構を採用することで直動運動させ、ピエゾ素子との間に挟んだ接合対象物に対して一定荷重を与えることができる構造とした。荷重の計測には、ヒータの直動運動方向に取り付けた荷重変換器を用いた。ピエゾ素子の振動振幅の計測には、静電容量計を用い、ヒータ先端の温度の計測には、サーモレーサを用いた。〔血管接合実験〕 接合時間、接合温度、接合圧力と接合強度の関係を確かめるため、豚の大動脈を用い、血管の接合を行った。接合対象は、 $8\text{mm} \times 20\text{mm}$ に切り出し、内膜側を合わせた豚大動脈血管、接合面積は 4mm^2 とした。振動周波数 12kHz 、振動振幅 $2\mu\text{m}$ 、接合時間 $30 \sim 120\text{sec}$ 、接合温度 130°C 、接合圧力 1MPa とした実験と振動周波数 12kHz 、振動振幅 $2\mu\text{m}$ 、接合時間 120sec 、接合温度 $70 \sim 130^\circ\text{C}$ 、接合圧力 1MPa とした実験を行った。加えて、振動周波数 12kHz 、振動振幅 $2\mu\text{m}$ 、接合時間 120sec 、接合温度 130°C 、接合圧力 $1 \sim 2\text{MPa}$ とした実験を行った。同様に、振動無付加の条件下でも接合を行った。〔接合強度評価〕 接合血管

Fig. 1 adhesion device for experiment

Fig. 2 relationship between adhesion time and adhesion strength

Fig. 3 relationship between adhesion temperature and adhesion strength

Fig. 4 relationship between adhesion pressure and adhesion strength

の接合強度を調べるため、自作の血管用引張試験機を用いて、引張試験を行った。引張方向はせん断方向とし、引張速度 4mm/min とした。

3. 結果及び考察

接合時間と接合強度の関係を Fig. 2 に、接合温度と接合強度の関係を Fig. 3 に、接合圧力と接合強度の関係を Fig. 4 に示す。接合強度は接合時間、接合温度にほぼ比例して大きくなった。また、接合圧力を変えることにより接合強度が変化することを確認した。振動付加の接合結果は、振動無付加のものに比較し、大きい接合強度を示し、振動エネルギーが接合現象に寄与していることが明らかになった。最大接合強度は 0.1MPa であった。この接合強度は、アルデヒド系医用接着剤の約 10 倍に相当すると共に、豚大動脈血管の引張強さの約 10 分の 1 に相当する。本接合方法により十分な強度の生体接合が可能であることが分かった。今後、振動周波数・振動振幅と接合強さの関係及び、接合条件と組織損傷の関係について詳細な検討を行う。

〔謝辞〕本研究の一部は厚生労働科学研究費補助金の支援のもと行われた。