

人工心臓装着支援技術に関する研究

Research on technology of support connecting VAD to heart

08T1061S 床井 宏行

指導教官：増澤 徹 教授

1. 諸言

補助人工心臓の接続手術は、人工心臓脱血管に巻いたカフと心臓を針と糸の巾着縫合で行われている。そのため、脱血管とカフの間に生じる隙間から細菌が入り込み、感染症を起こすことがある。隙間なく脱血管と心臓を接合可能な複合低エネルギーによる金属と生体組織接合技術¹⁾に注目した。複合低エネルギー接合方法を用いた自己接合型脱血管の開発を目的に、脱血管の基本設計・試作を行った。そして、心臓と脱血管の接合強度から自己接合型脱血管を評価した。

2. 自己接合型脱血管の設計試作

自己接合型脱血管の概略図を Fig.1 に示す。脱血管は心臓との接合部に圧力と熱を起して心臓と接合する。脱血管構造を外管と内管からなる二重管とし、外管と内管は O リングにより断熱され、外管に巻かれたニクロム線で接合部のみを加熱する。また、真空ポンプによる陰圧で接合部に均一な圧力を発生させるため、外管に 2 つの溝を円周方向に設けた。Fig.2 に試作した脱血管を示す。外管の溝側面に取り付けた K 型熱電対 (RS コンポーネンツ社製、型式：621-2158) により接合部温度を計測し、デジタル PID 制御を用いて温度制御した。

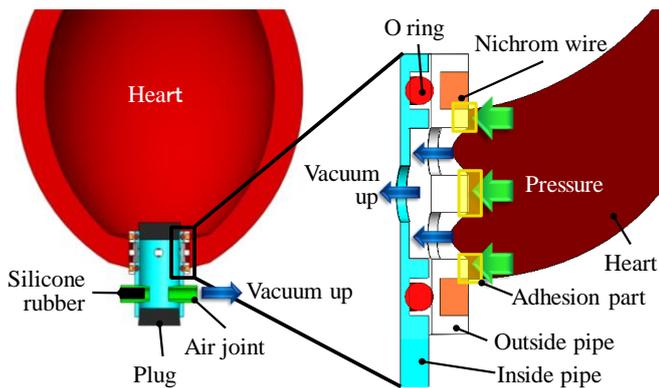


Fig.1 Schematic of self-adhesion cannula

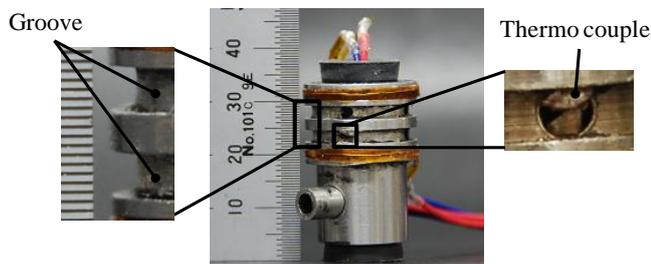
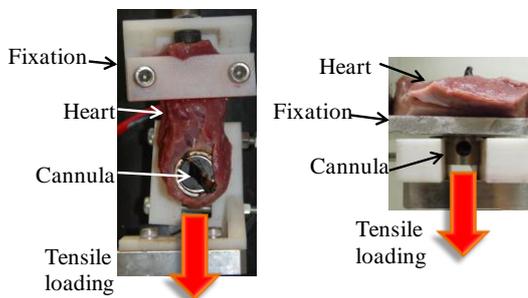


Fig.2 Proto type self-adhesion cannula

3. 接合強度評価実験方法

接合対象はブタ心臓として脱血管接合実験を行った。接合実験は脱血管内の圧力を -0.099 MPa とし、接合温度を金属と心筋組織が接合可能な $80^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ ¹⁾ に対して接合時間 60 秒、90 秒、100 秒と変化させて行った。

脱血管接合強度評価は、脱血管の径方向、軸方向引張試験から行った。Fig.3 に引張試験方法を示す。径方向強度測定は心筋を平行締め付けチャックで固定し、脱血管に径方向引張荷重を付加した。軸方向強度測定は、脱血管を通る穴の開いた平板を固定し、平板に心臓を乗せる。平板の穴から出た脱血管に軸方向引張荷重を付加した。脱血管から心臓が剥離した時の最大荷重を接合強度とした。



(a) Radial direction (b) Axial direction
Fig.3 Adhesive strength measuring method

4. 接合実験結果及び考察

接合条件の内、最も熱を多く加えた接合温度 100°C 、接合時間 120 秒で接合した心臓接合面を Fig.4 に示す。心臓の接合面に顕著な組織炭化は見られなかった。心臓の接合断面は脱血管外管の溝と対になる凹凸が形成されていた。また、全ての接合条件においても同様な溝が確認された。接合によって形成された心臓の凹凸は、外管の溝側面でも接合されていることを示唆している。

Fig.5 に接合強度測定結果を示す。接合時間 90 s、120 s において軸方向、径方向接合強度は接合温度と比例関係を示した。しかし、接合時間とは比例関係を示さなかった。また、接合によって形成された心筋組織の凹凸部で軸方向荷重に対して抵抗となり、軸方向接合強度が径方向よりも大きくなったと考えられる。



Fig.4 Adhesion surface of heart (Adhesion conditions; 100°C , 120 seconds)

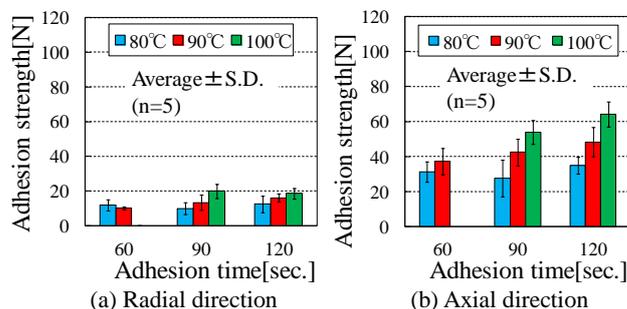


Fig.5 Relationship between adhesive strength and adhesion time

5. 結言

熱・圧力の複合低エネルギーを用いた自己接合型脱血管は、試作機による接合評価実験から低損傷で心臓との接合が可能であることが分かった。また接合時間 90s 以上において、接合温度、接合時間の増加に伴い、脱血管の強度は増加することが分かった。

6. 参考文献

- 1) 青代敏行, 増澤徹, 尾関和秀, 加藤綾子, 岸田晶夫, 樋上哲也: 複合低エネルギーによる心筋組織接合技術の開発, 電気学会, リニアドライブ研究会資料 (2010), pp.23-26