

図 5 : 2002 年までに開発した流体機械駆動式心室補助装置の概要。

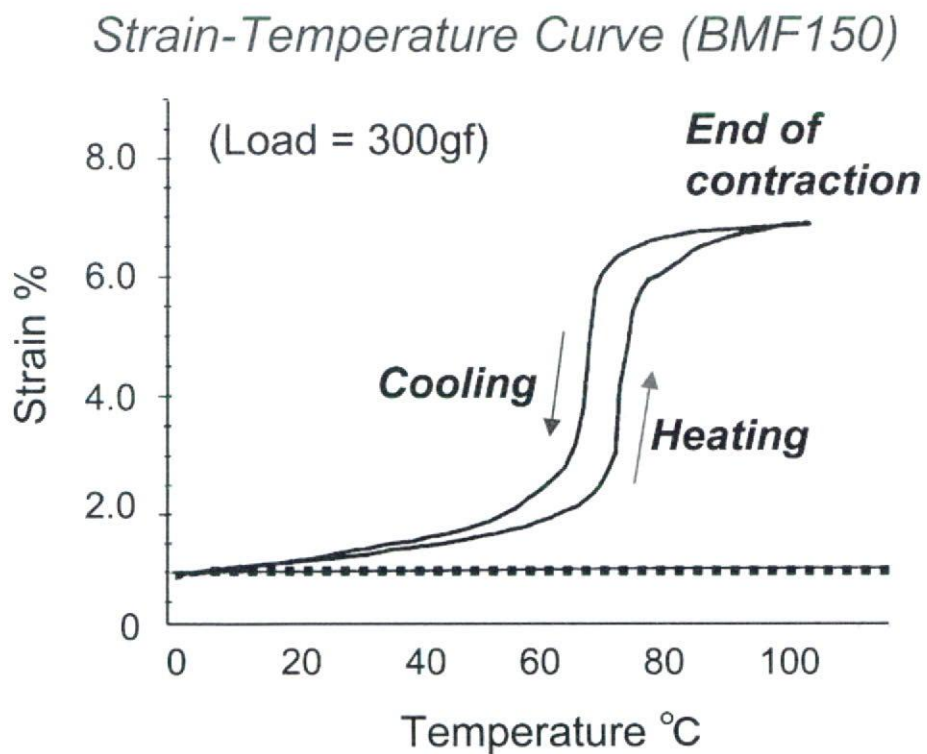


図 6 : 本研究で応用した形状記憶合金線維 (バイオメタル) 温度歪み特性の一例

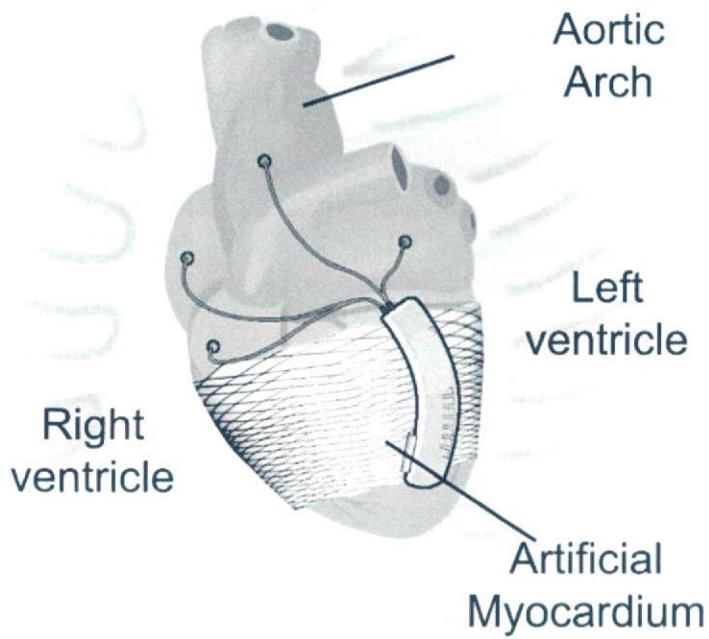


図 7：微細径形状記憶合金線維を利用した人工心筋装置のイメージ。心臓を取り囲む形状とし、必要なときに必要なだけ心筋の収縮を外部から力学的に補助する。

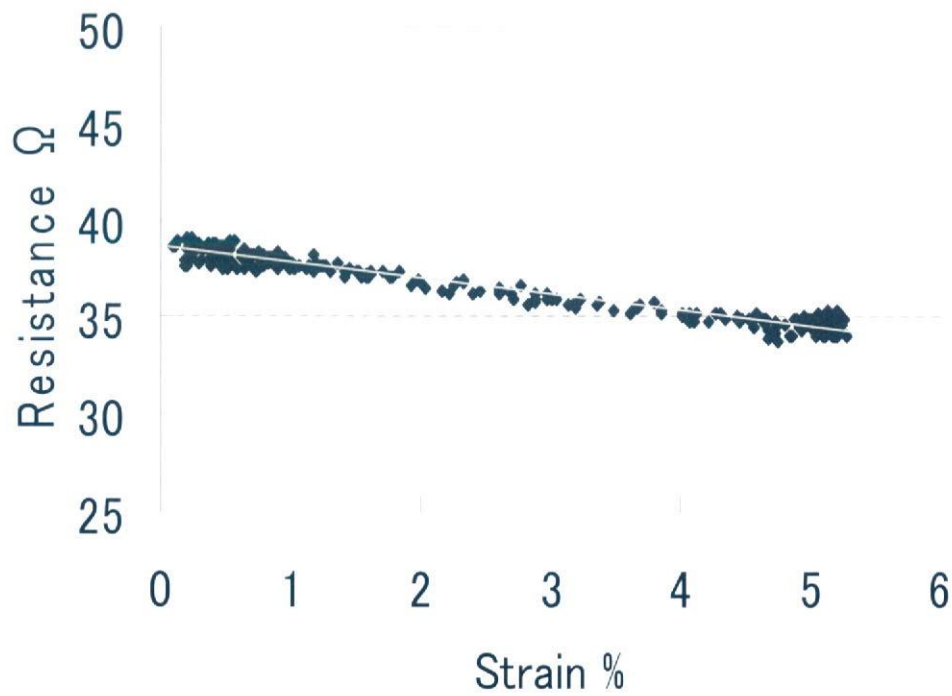
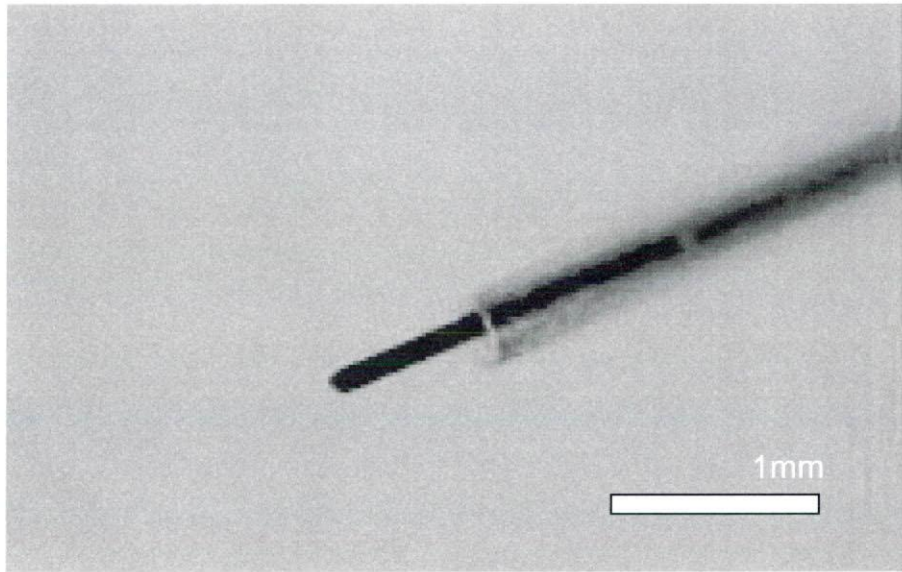
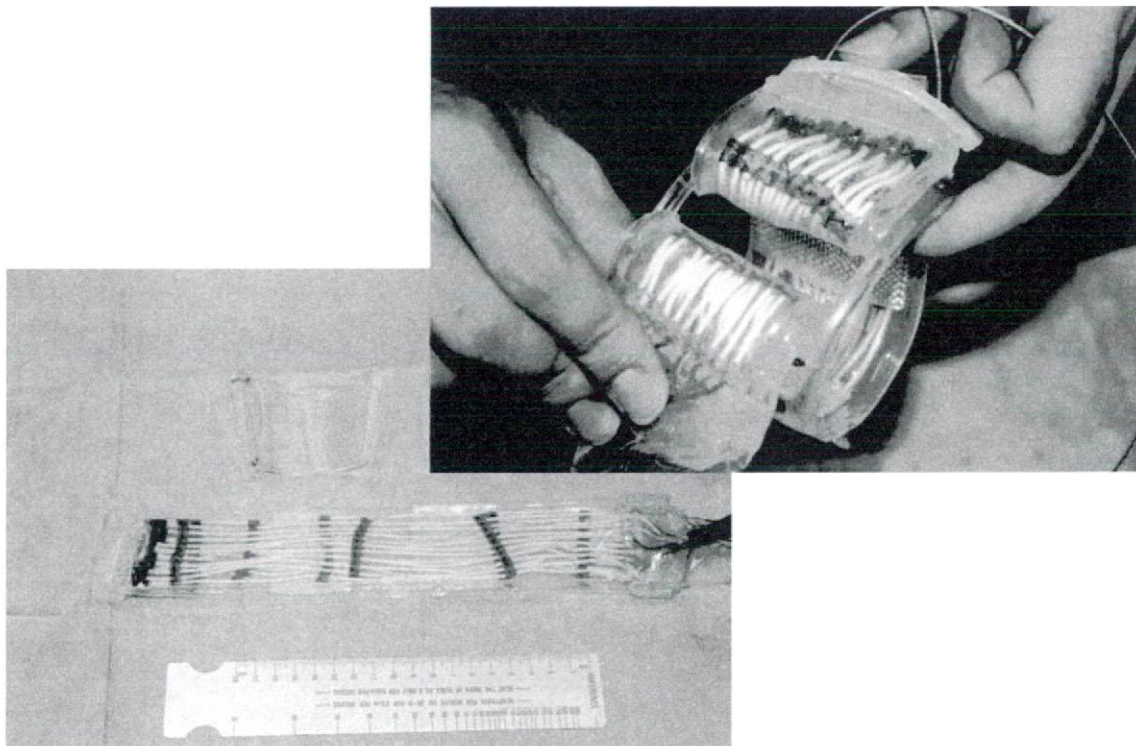


図 8：取得した形状記憶合金線維アクチュエータのひずみー抵抗線図（電気抵抗値に対する線形ひずみ特性）



(a) Shape memory alloy fibre (D=100 μ m) covered with the silicone rubber tubing



(b) Whole view of the myocardial assist device developed

図 9 : 人工心筋アクチュエータモジュール(a)および試作した平行リンク構造を持つガードル形状の心筋アクチュエータ(b)

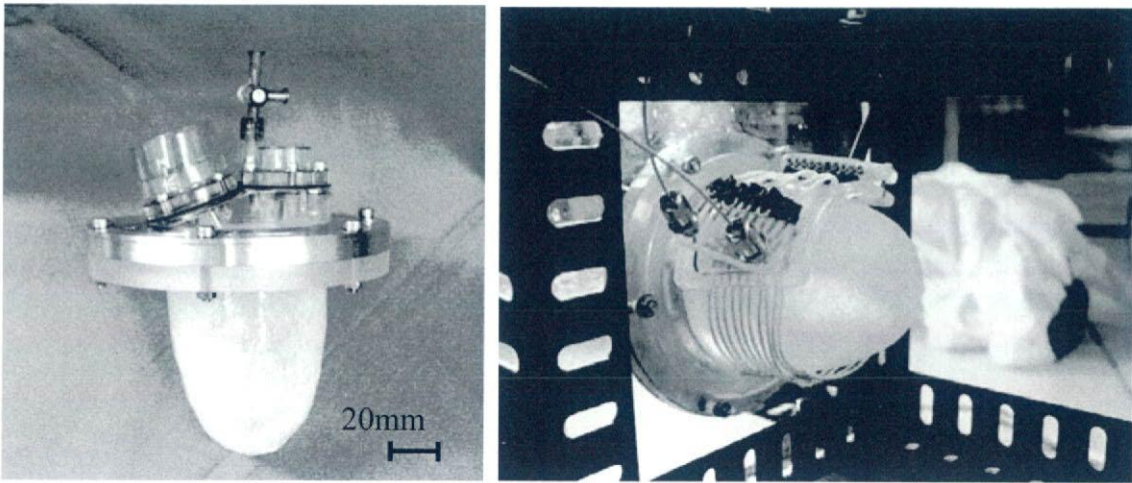


図 10 : シリコン製左心室モデル (左) および人工心筋を装着した同モデル

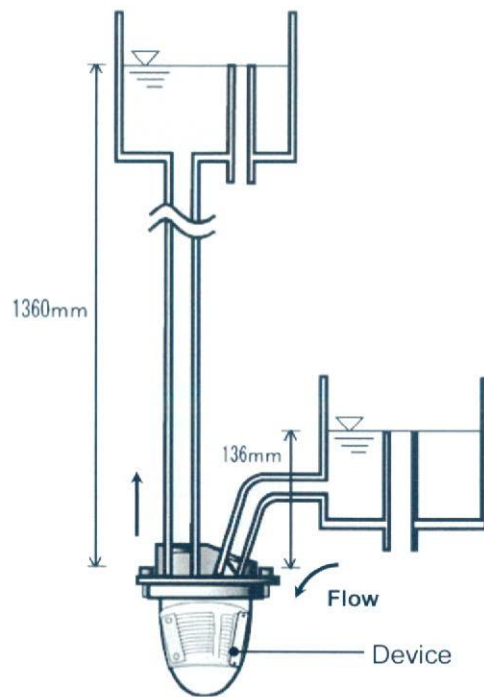
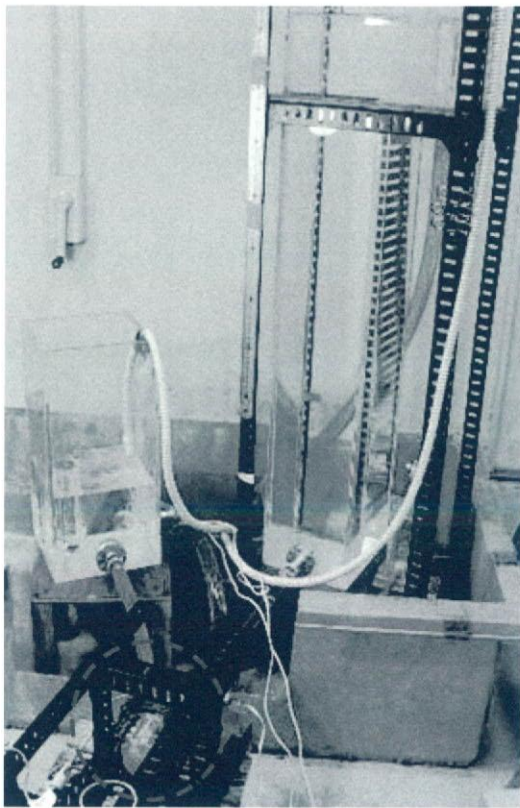


図 11 : 人工心筋駆動試験回路全景および回路概要

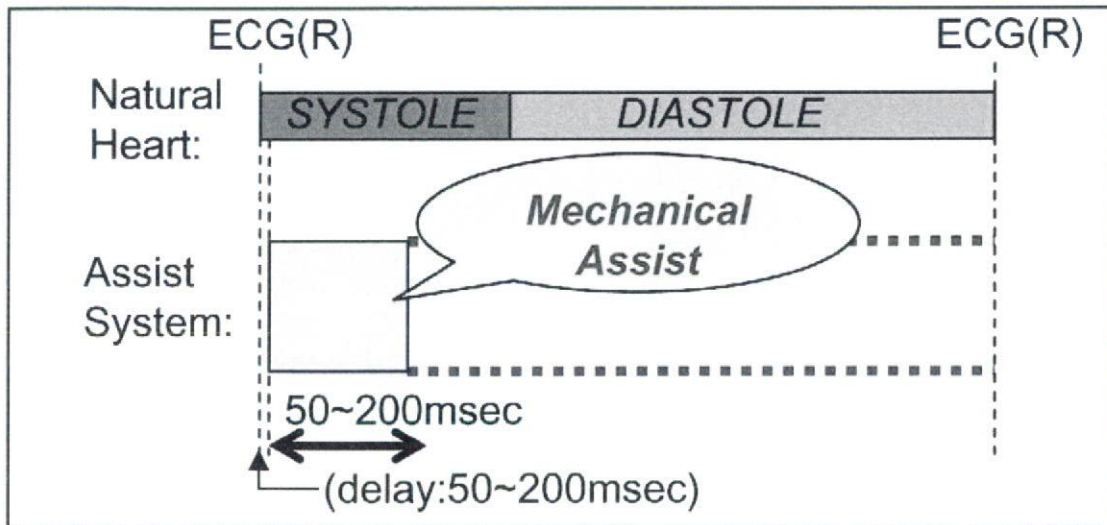


図 12 : 人工心筋の収縮駆動時相の模式図

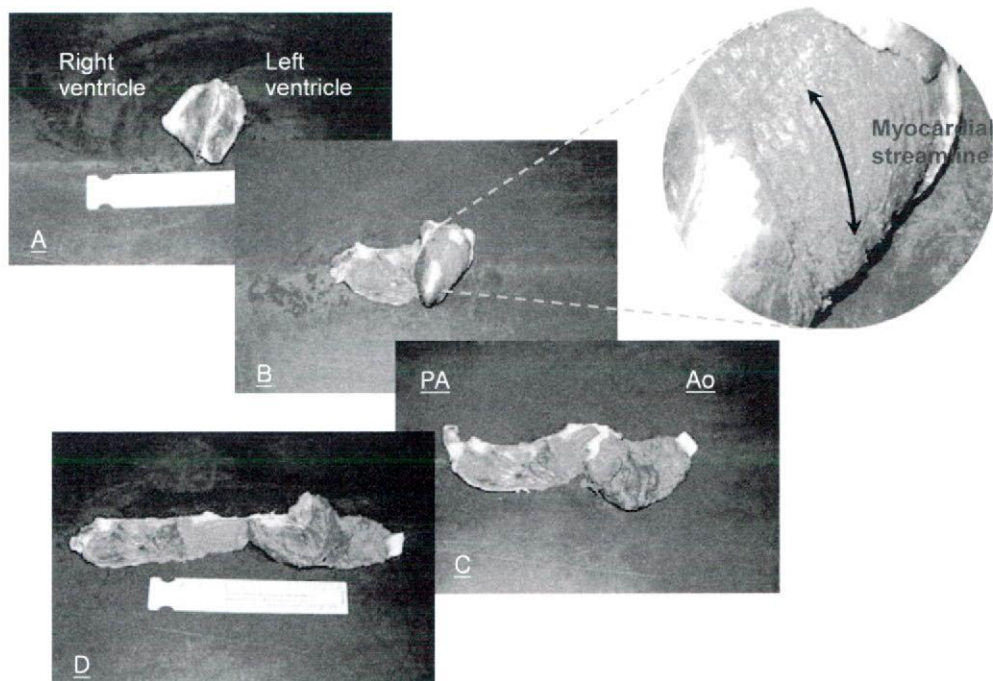


図 13 : 健常成山羊心臓の VMB(Ventricular Myocardial Band)概念による展開

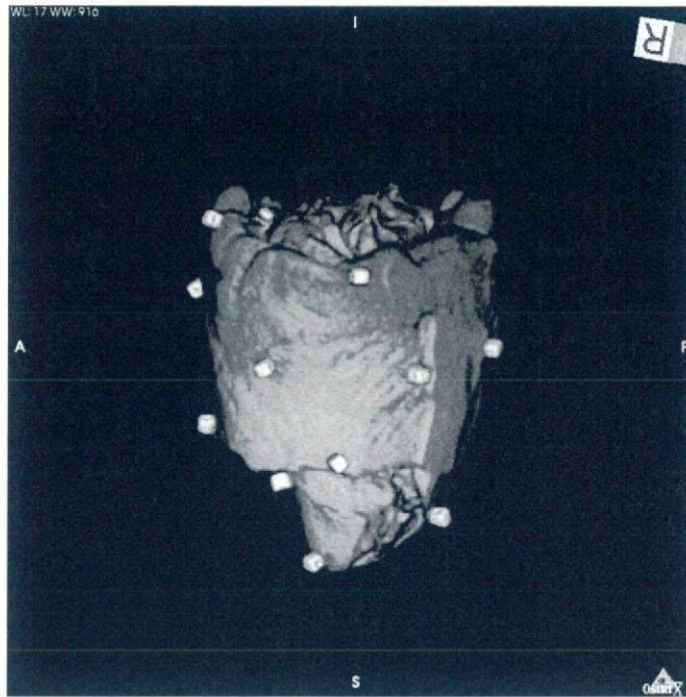


図 14 : プラスチック製マーカを縫着した健常山羊心臓の CT 再構築像

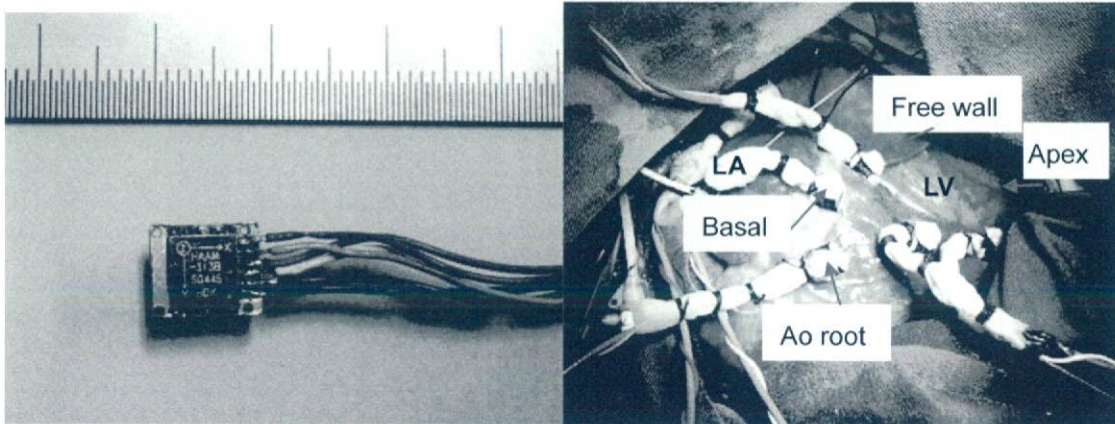
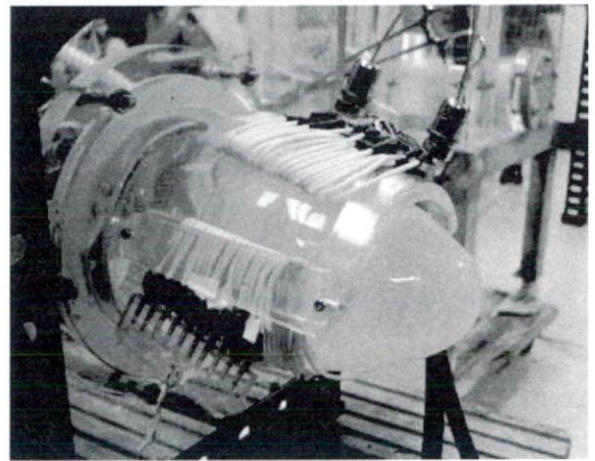
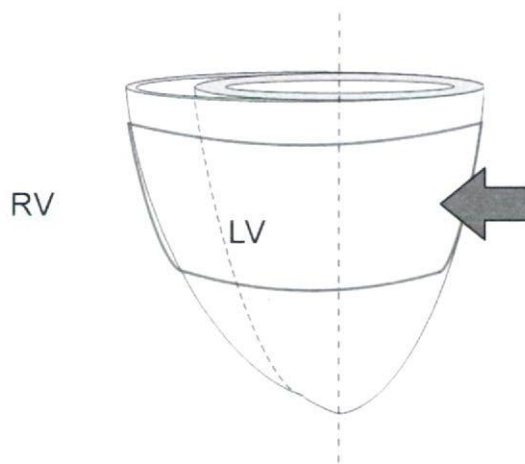
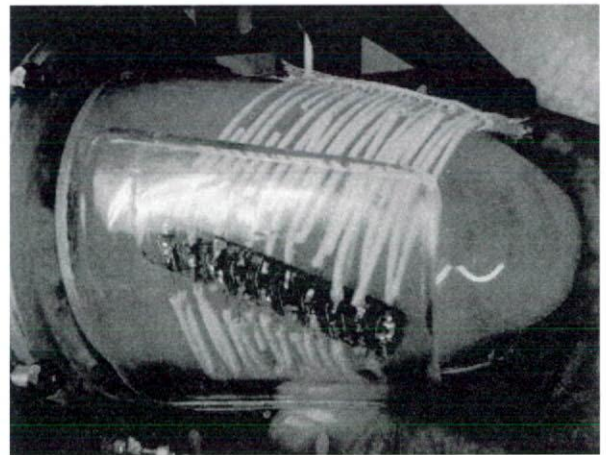
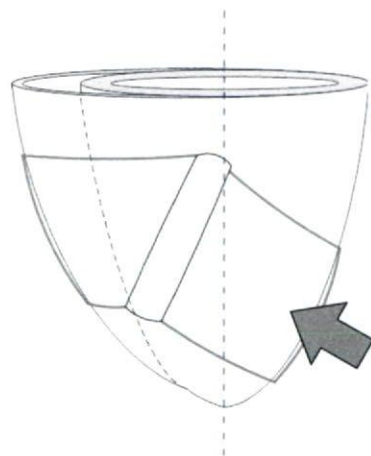


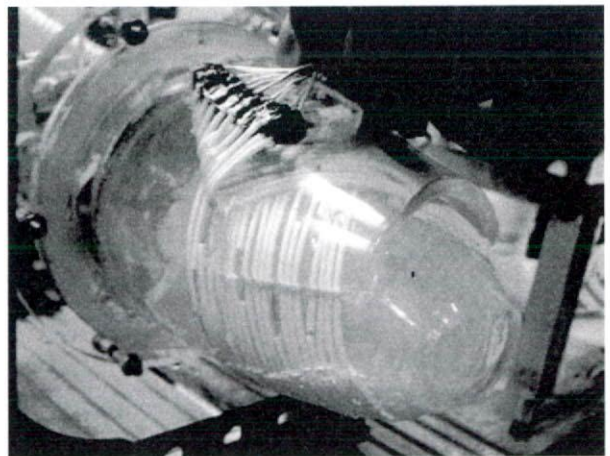
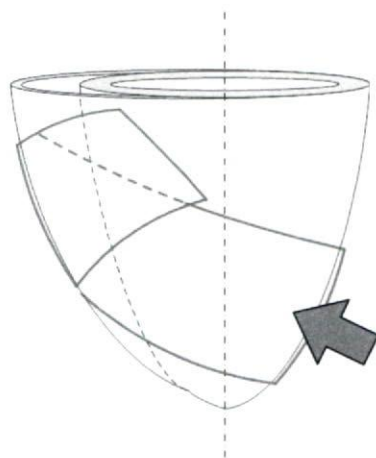
図 15 : 健常成山羊心臓表面に装着された 3 次元加速度センサ



A: Circumferential type



B: Angular type



C: Oblique type

図 16 : 生体心臓の心筋走行に適合する斜法補助装置 (B、C)

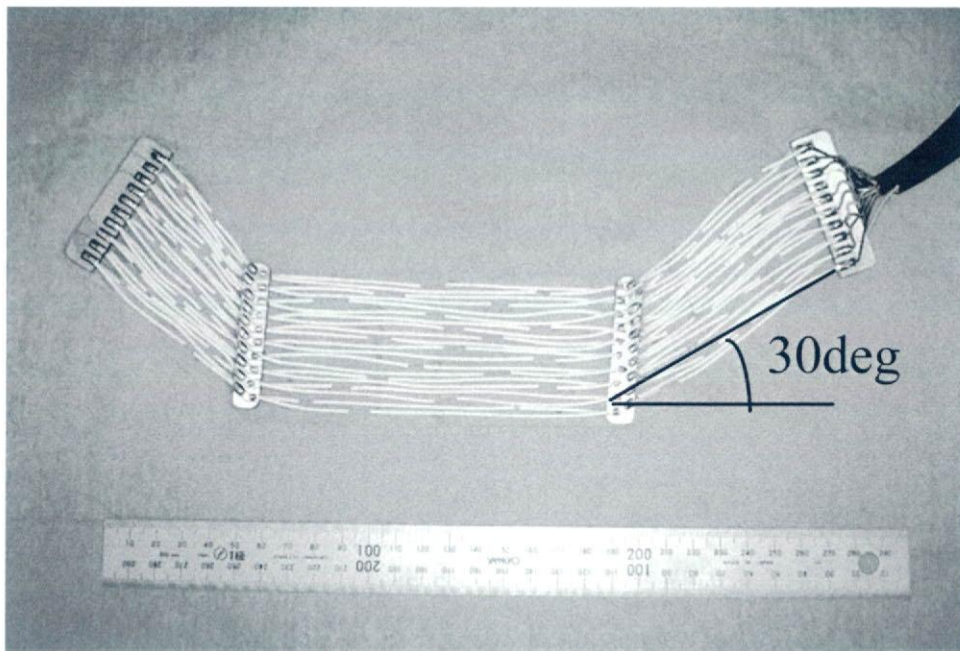


図 17 : B: Angular type 展開全景

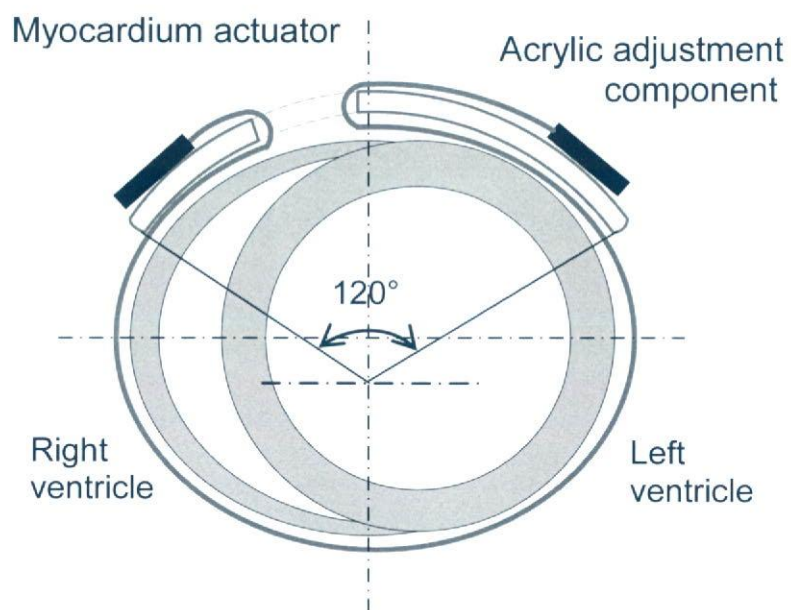


図 18 : 人工心筋アクチュエータ端部固定方法の概要 (断面)

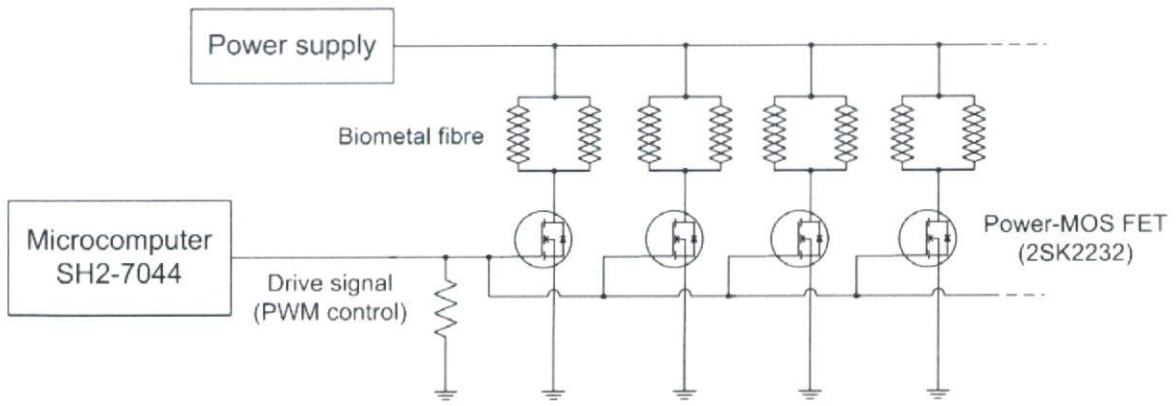


図 19 : 3 種の人工心筋形状に対する共通駆動回路構成の概要

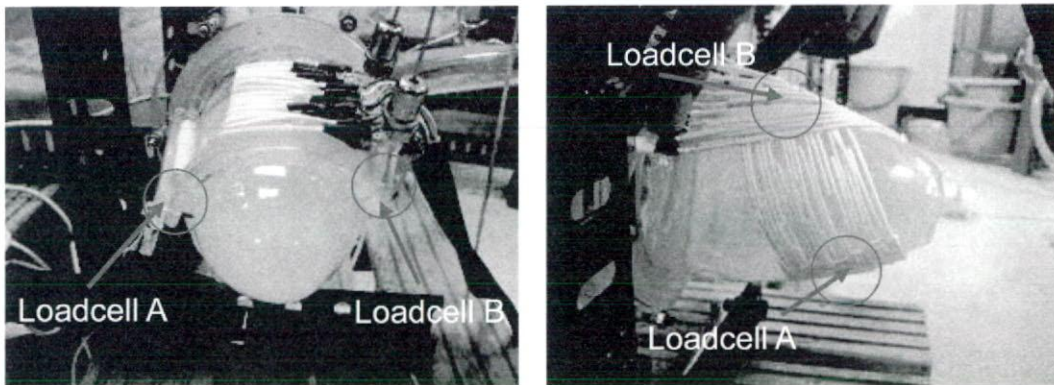


図 20 : ロードセルによる各種人工心筋形状の局所加圧の計測

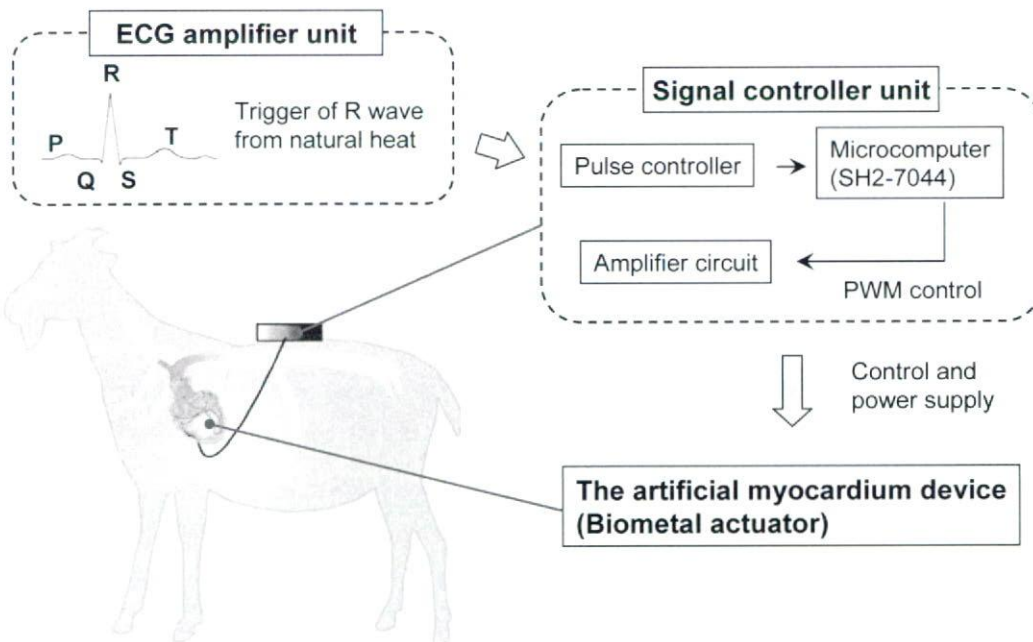


図 21 : 動物実験における人工心筋駆動信号の流れ

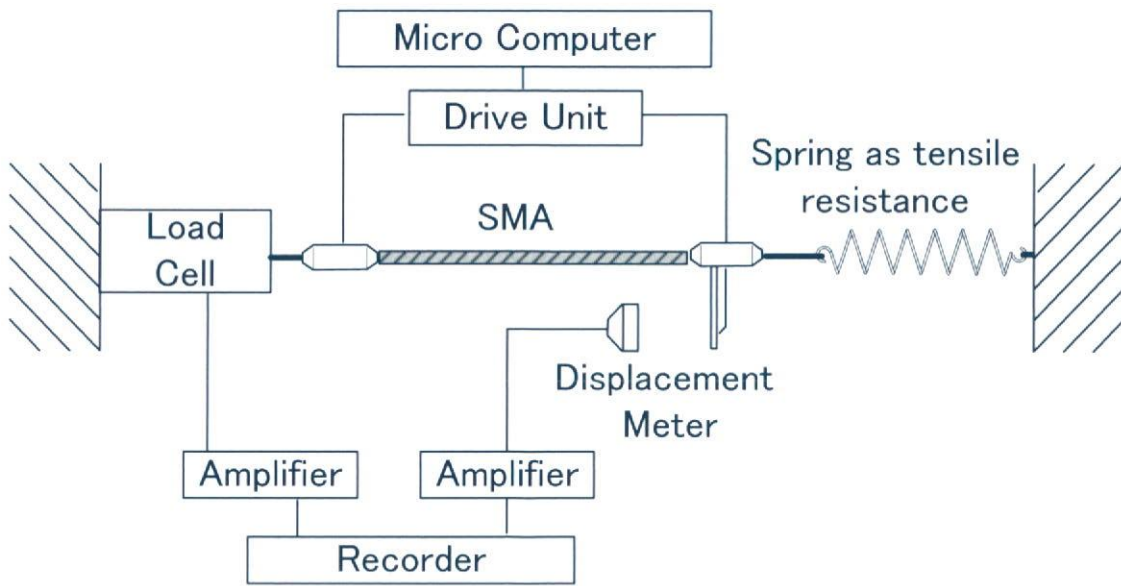


図 22 : 形状記憶合金 (Shape memory alloy; SMA) の張力応答特性測定装置

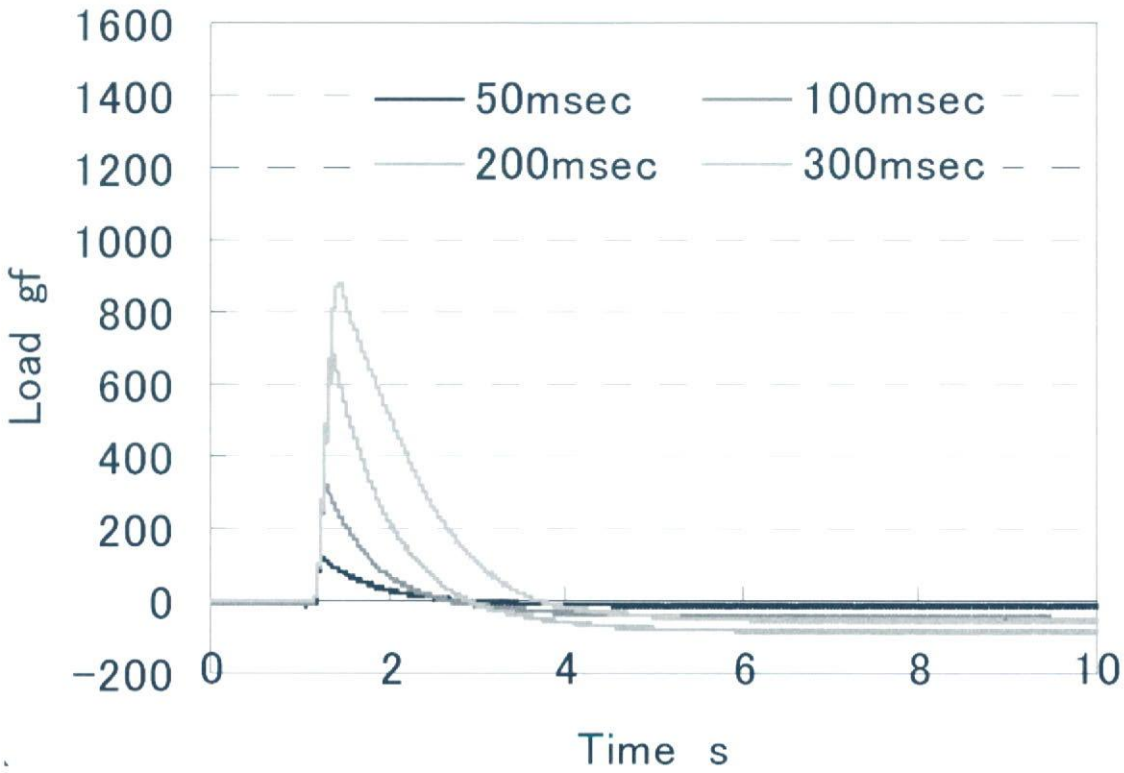


図 23 : 単一形状記憶合金繊維 (直径 $100 \mu\text{m}$) 加熱通電時間と張力発生変化

PWM (Pulse Width Modulation) control

Driving phase change

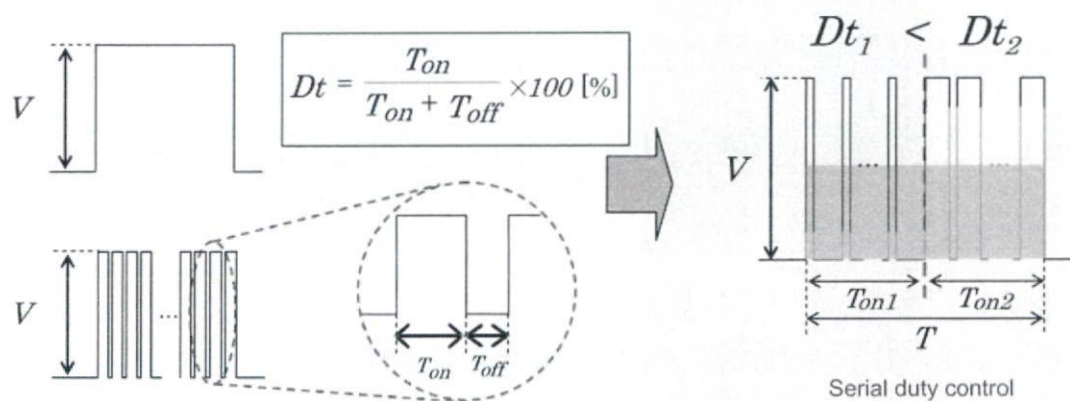


図 24 : 人工心筋アクチュエータ用の入力パルス可変制御の概念

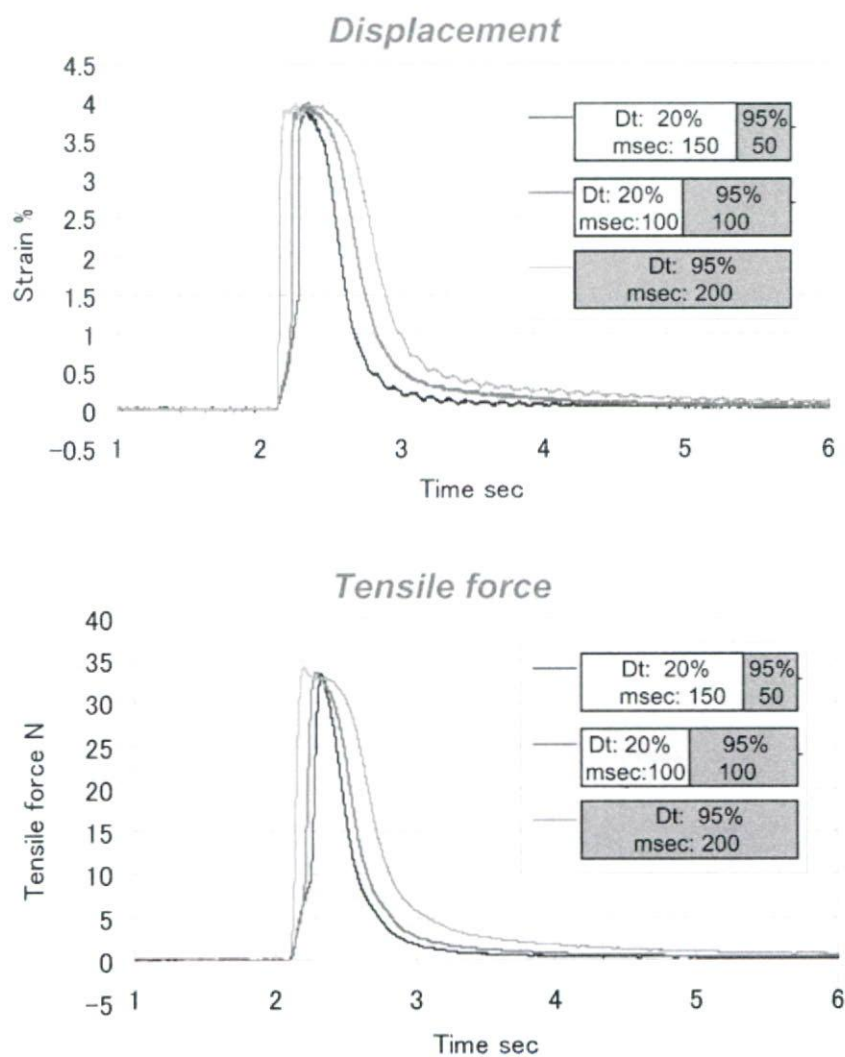


図 25 : 通電加熱 PWM 制御による変位 (上) および張力 (下) の時刻歴応答

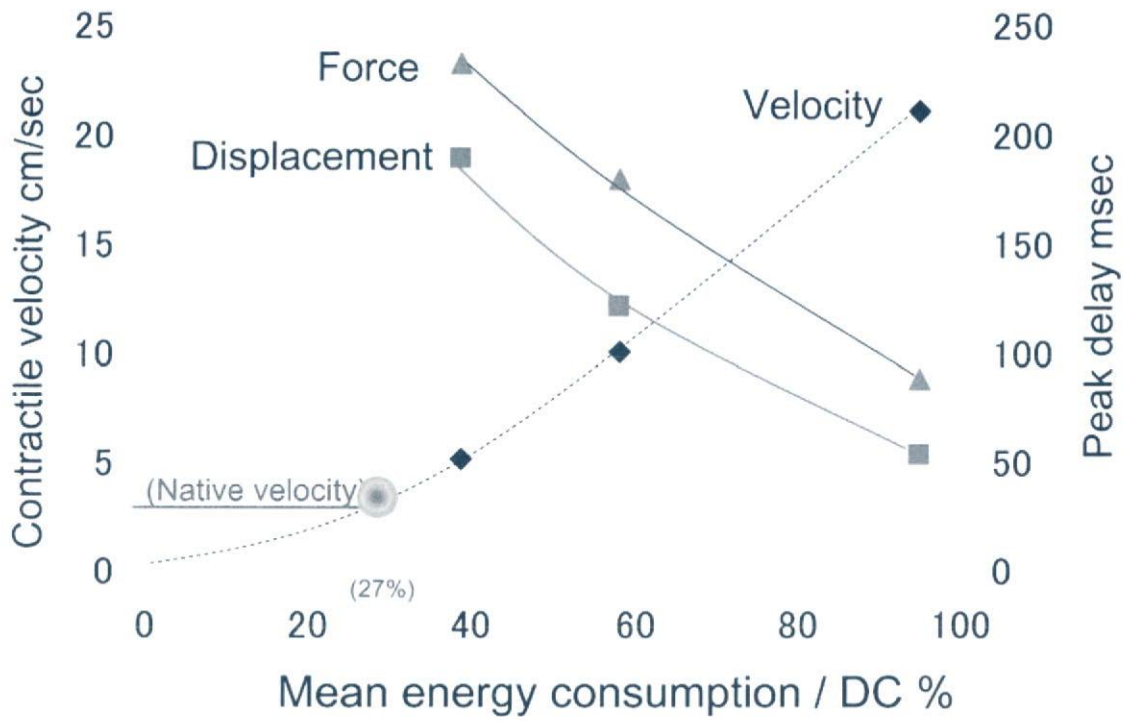


図 26：アクチュエータ収縮にかかる直流消費電力比と時刻歴応答（ひずみ変位、速度、張力）および生体心筋の収縮速度の比較

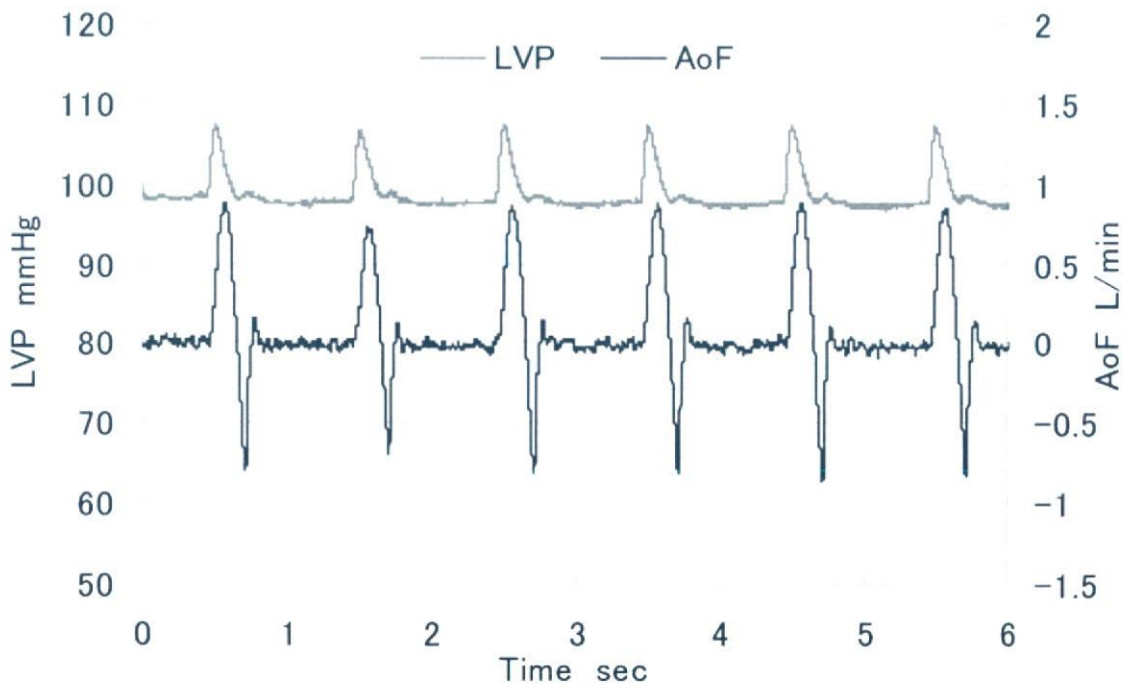


図 27：左心室モデルにおいて計測された圧（LVP）および駆出流量（AoF）波形

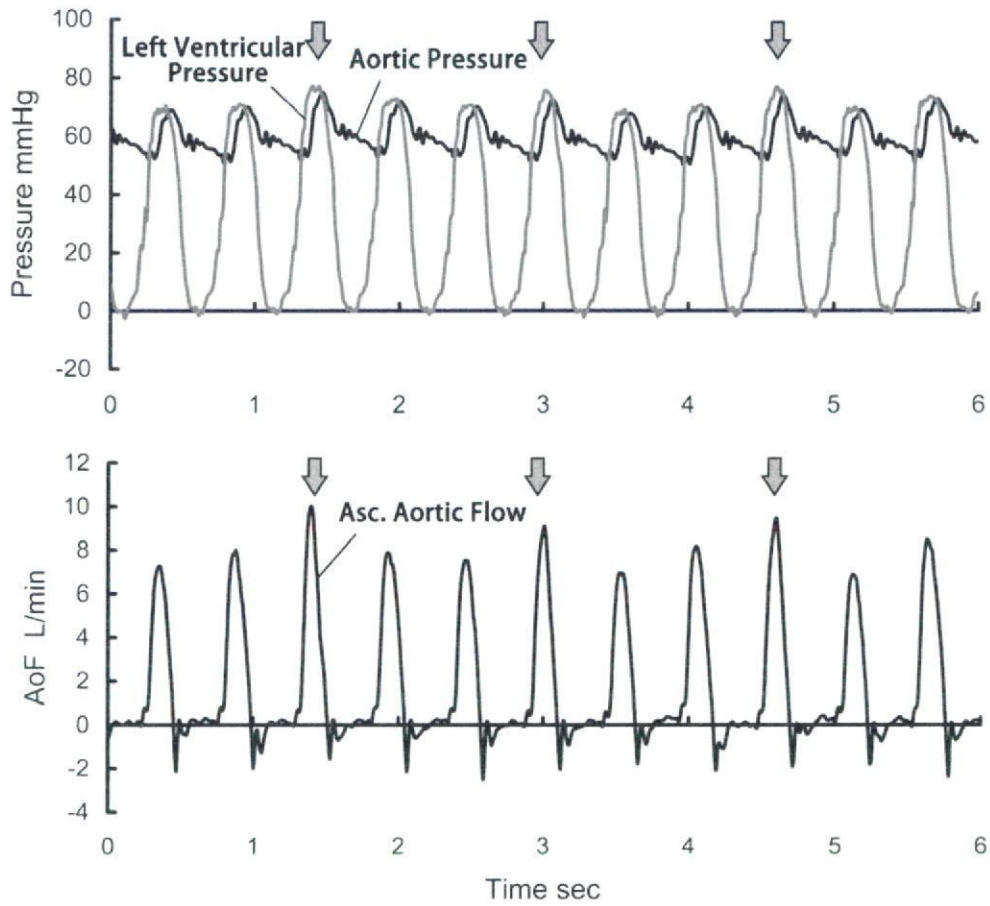


図 28 : 成山羊を用いた動物実験における人工心筋アクチュエータの血行力学的効果 (自然心臓の3心拍に対して1回の力学的補助を心電図同期で行ったもの:時間遅れ50msec, 収縮時間150msec)

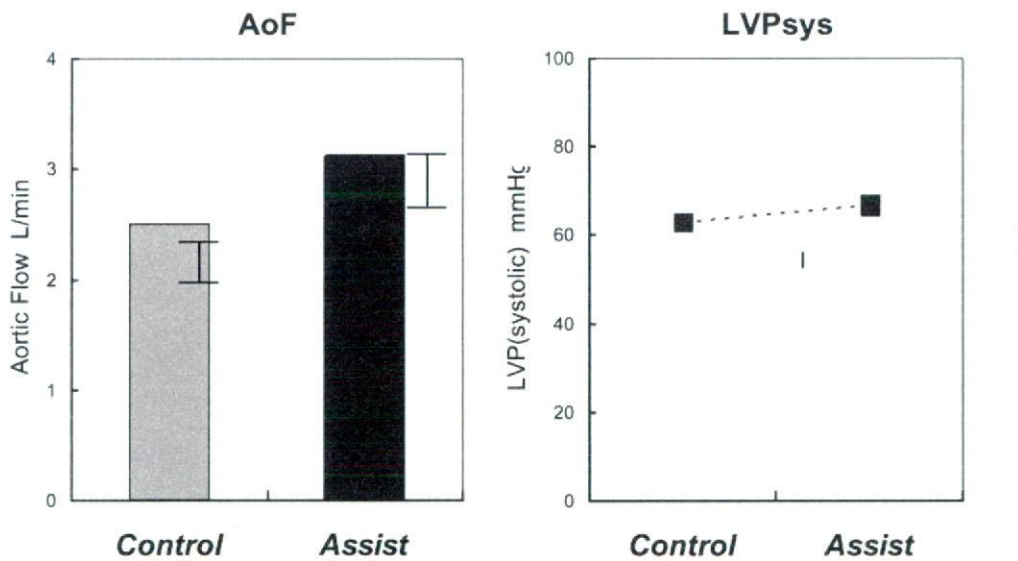


図 29 : 血行力学的データ : 収縮補助時 (Assist) では、非補助時(control)に比べて駆出流量および左心室圧が増加することがわかる。

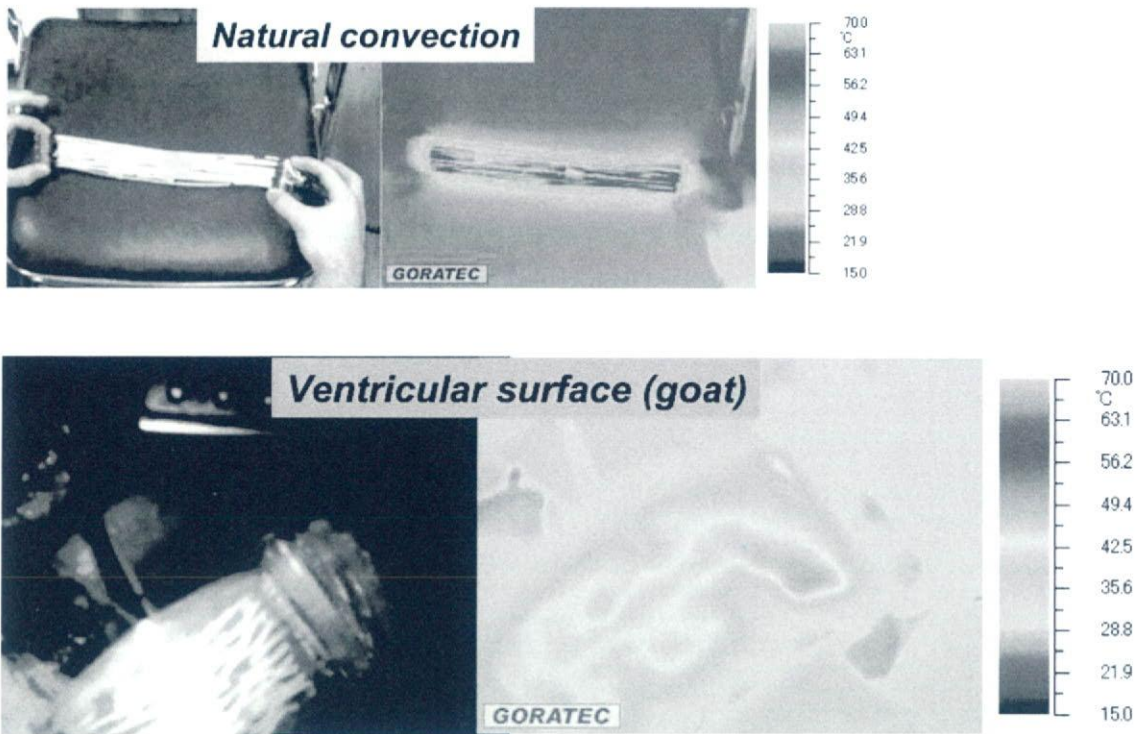


図 30：放射熱量計における空気中（上）と胸腔内での人工心筋表面温度

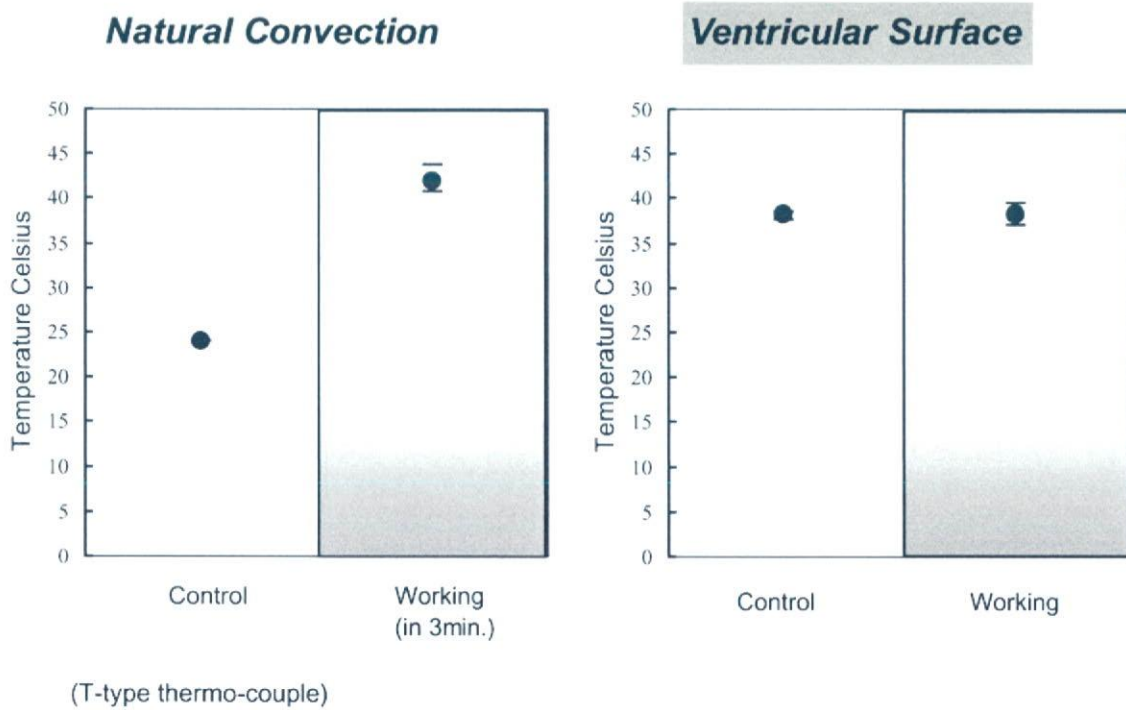


図 31：人工心筋表面温度の変化。右図は心室壁に装着されたときの装置表面—心室壁間温度を示す。

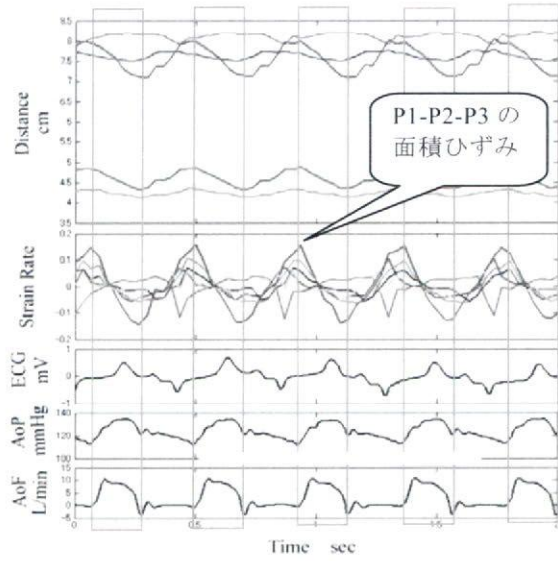
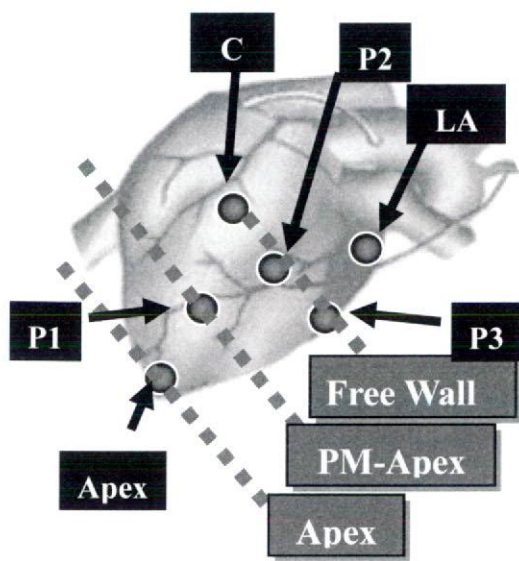


図 32 : 3次元変位解析装置による健常成山羊の左心室壁挙動；左図中左室自由壁に相当する領域である P1-P2-P3 におけるひずみ率が最大変位を示した。

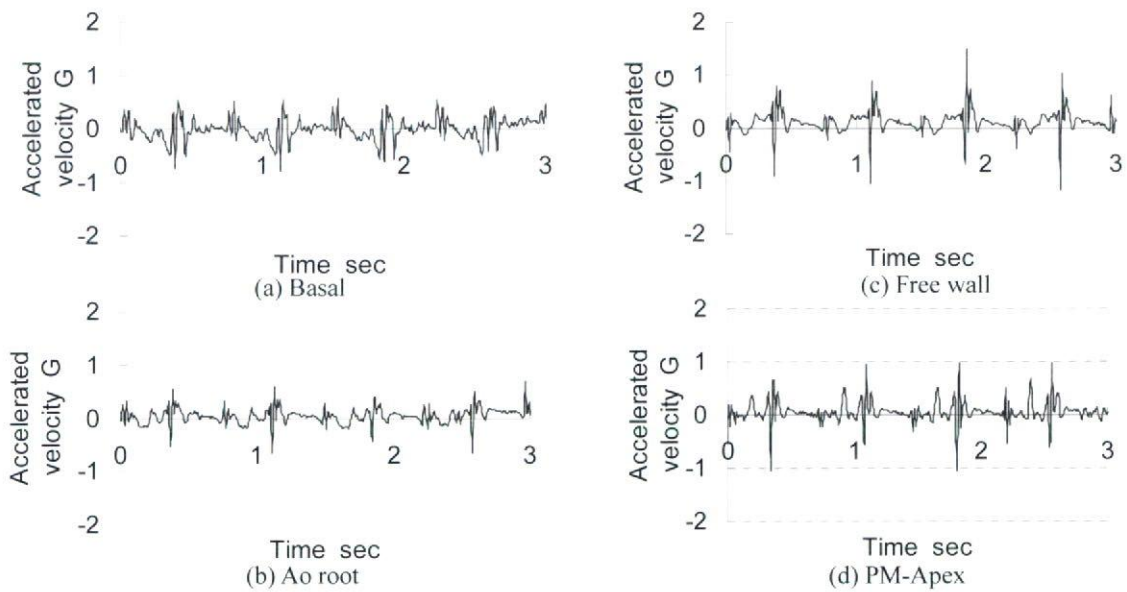


図 33 : 左心室表面各点で計測された加速度値；自由壁 (Free-wall) および乳頭筋-心尖部位 (PM-Apex) において加速値が高値をとる。

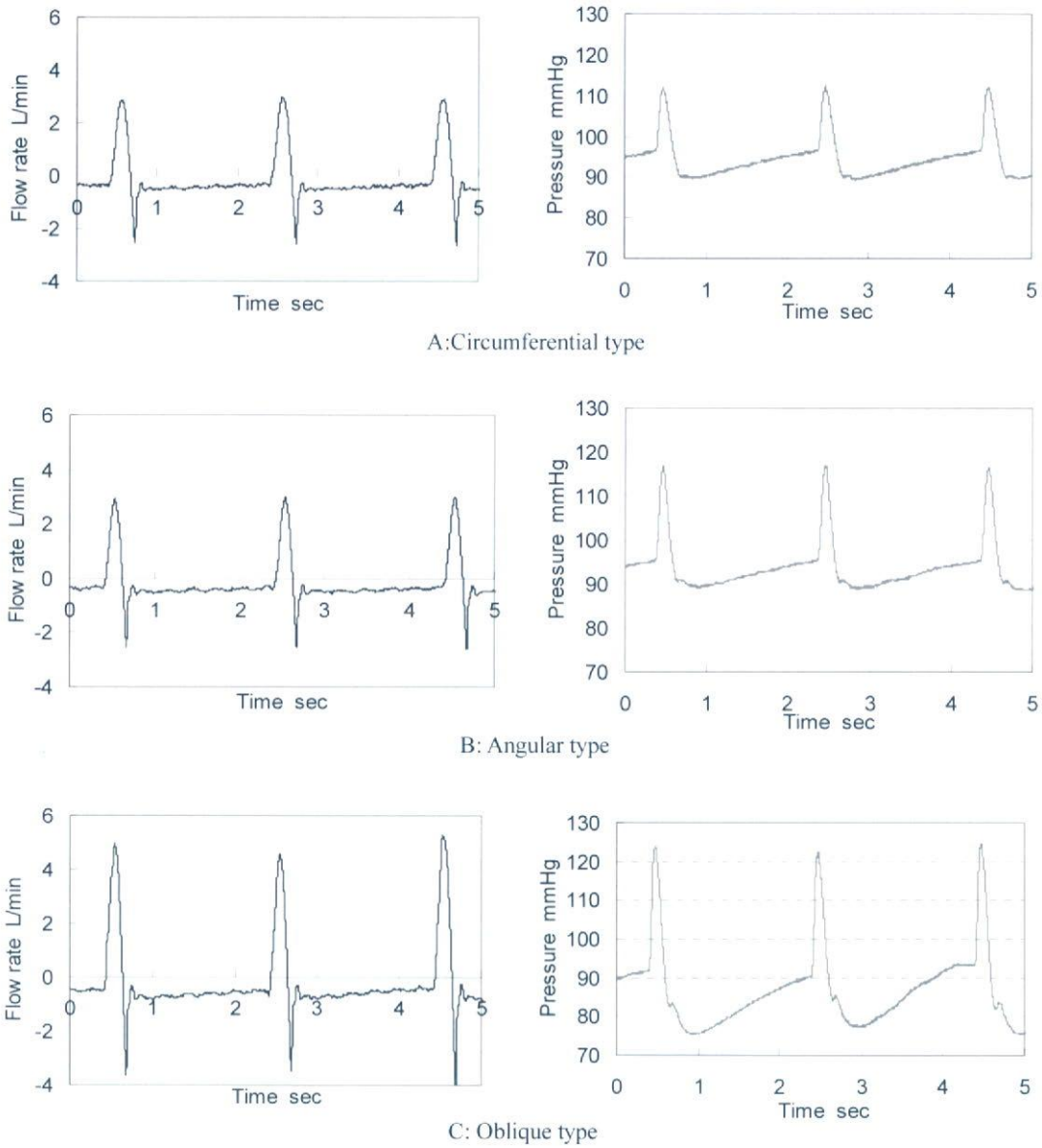


図 34 : 左心系水力学模倣循環回路による人工心筋駆動時の心室内圧および駆出流量の比較 ; A: 円周形状 (Circumferential type)、B: 角度変換器付き斜方形形状 (Angular type)、C: 斜方形形状 (Oblique type)

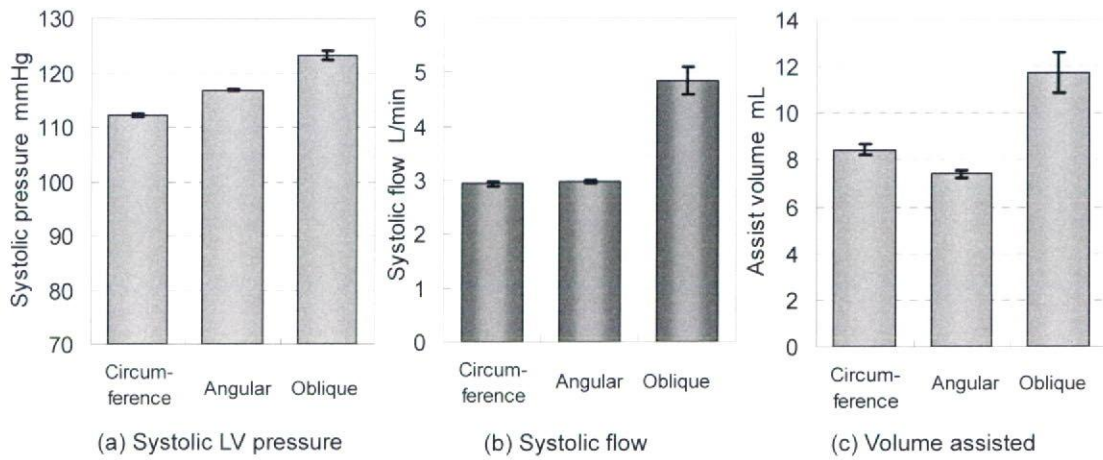


図 35 : 左心室モデルにおいて得られた 3 種の人工心筋形状による (a) 左心室圧、(b) 駆出流量、(c) 一回拍出補助量

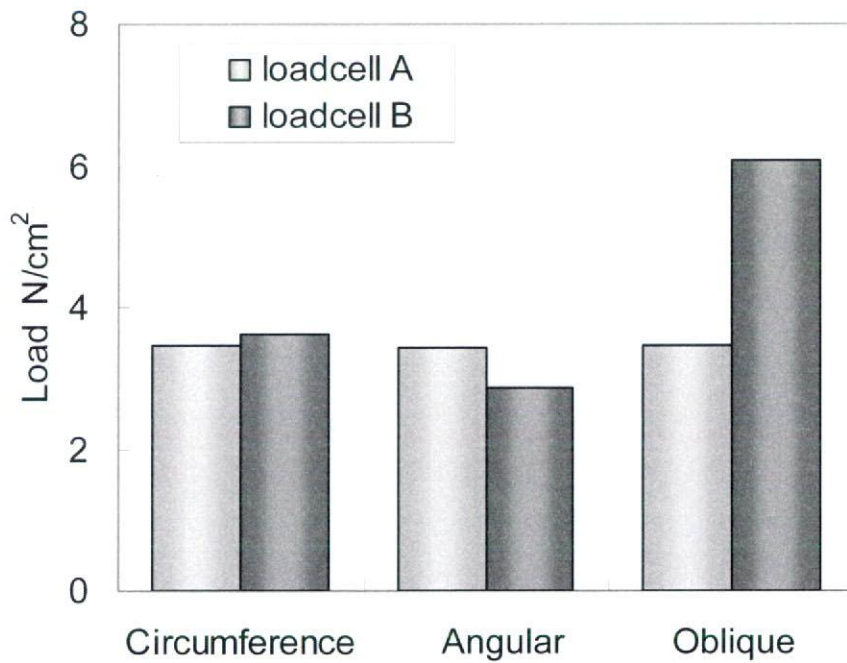
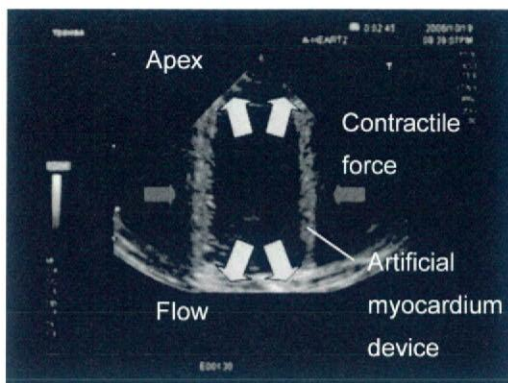
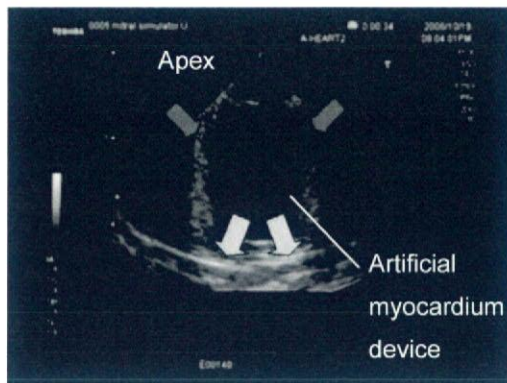


図 36 : ロードセルによる各種人工心筋形状によって得られる加圧力



(a) Circumferential type



(b) Oblique type

図 37：水力学的試験における人工心筋収縮時の形態と心室モデル内腔形状の変化

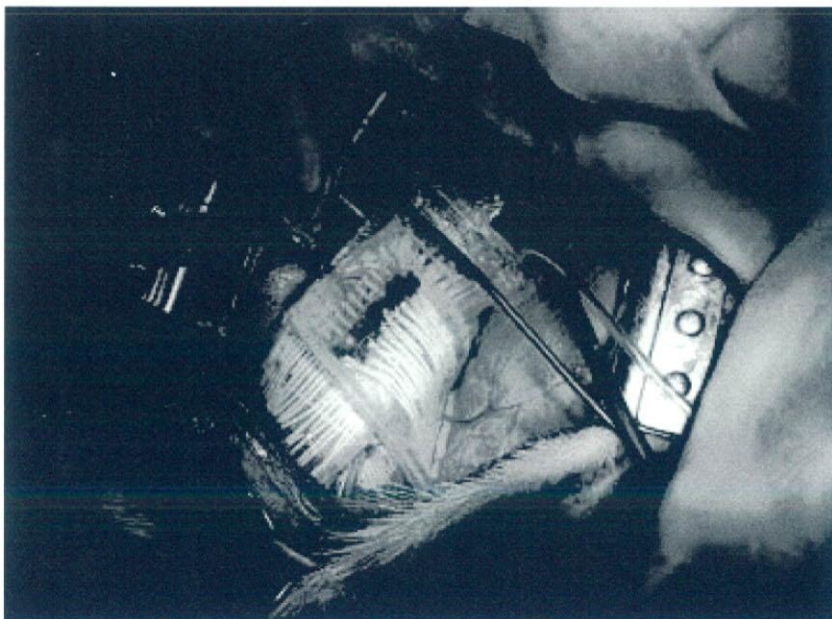


図 38：左開胸下で挿入した人工心筋（斜方補助形状）

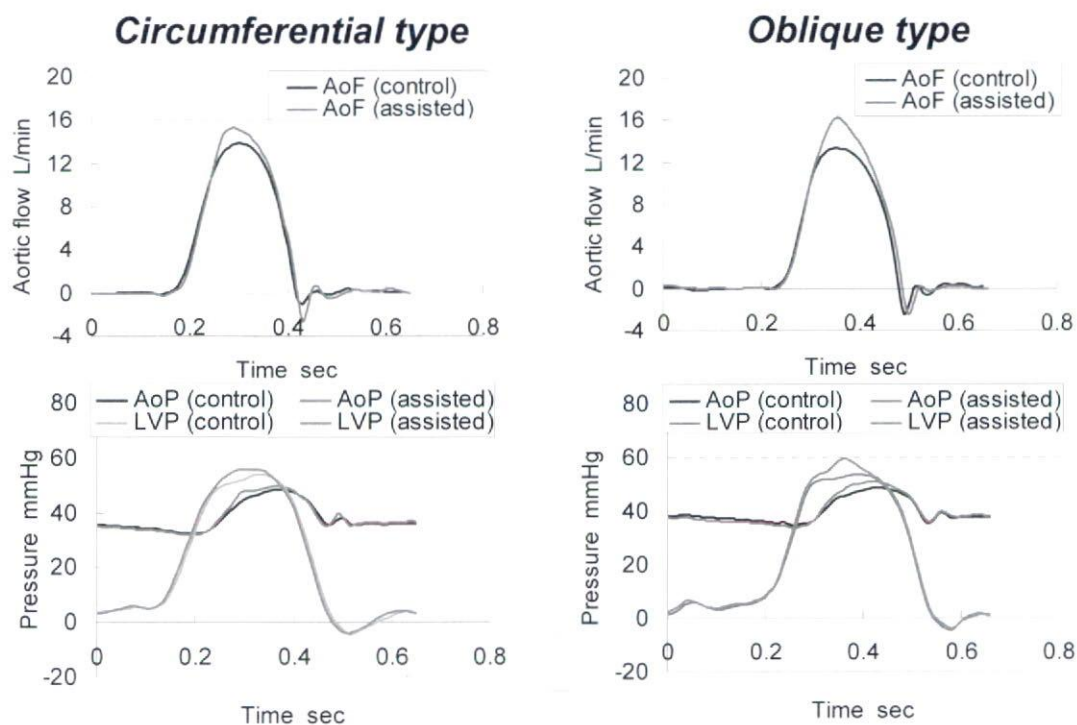


図 39：血行力学的データの変化（左；周囲補助形状、右：斜方補助形状）

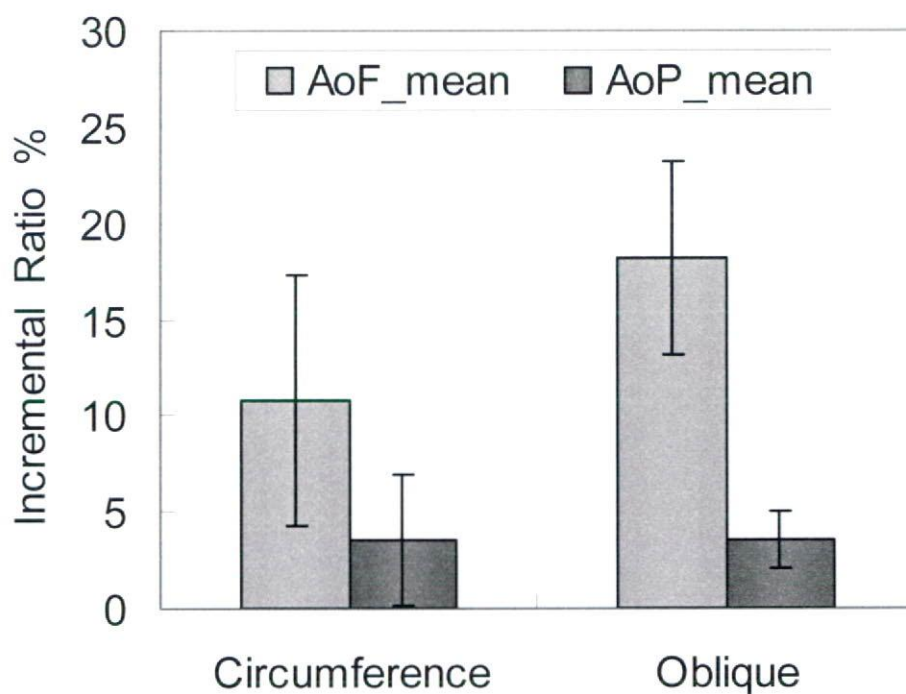


図 40：2種の補助形状による駆出流量と駆出圧上昇率の比較

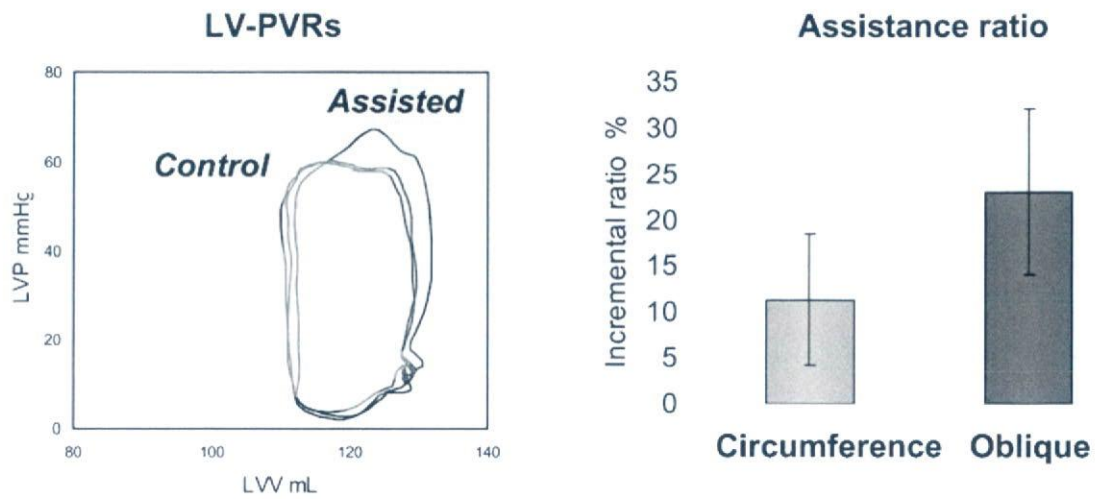


図 41：左心室圧容積計測による容積駆出における外的仕事補助率の比較

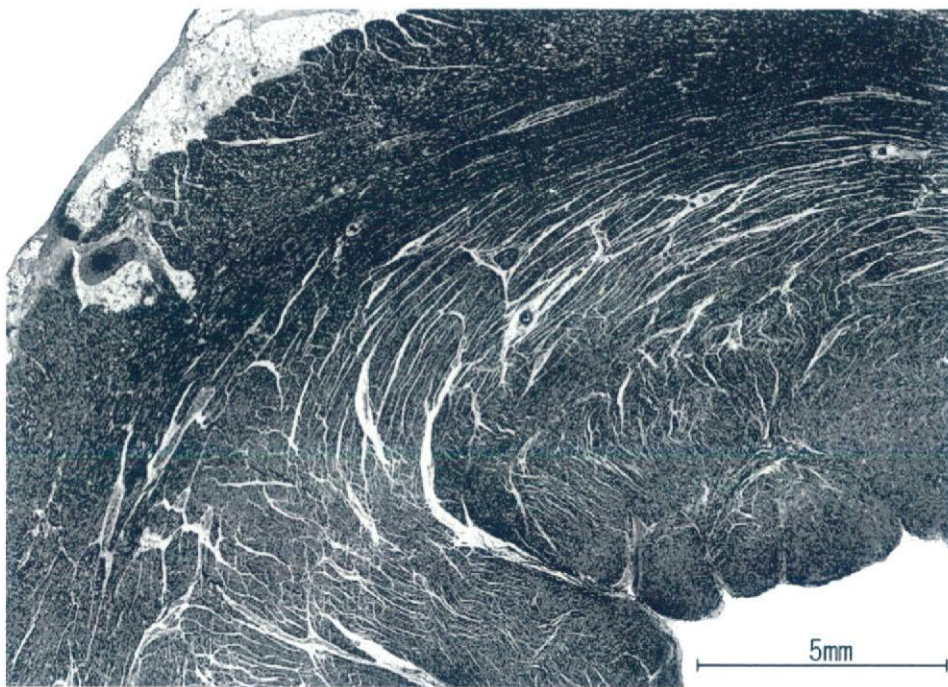


図 42：流体機械駆動式心室補助装置を用いた心室壁外部からの力学的補助による左心室の組織 (elastica-Masson 染色)；左室心筋には傷害は認められない。