

審査の結果の要旨

氏名 末松 義弘

本研究は心臓外科領域における超音波の新しい術中応用法を確立するために(1)低侵襲冠動脈バイパス術における術中リアルタイム超音波イメージング法の開発、および(2)独自に開発したリアルタイム3次元超音波システムを用いることによる拍動下心臓内手術の開発を試みたものであり、下記の結果を得ている。

1-1. 拍動心での冠動脈および内胸動脈の評価が High-frequency epicardial echocardiography (HEE)にて可能か否かを実験的に検討した結果、HEEにて計測した左内胸動脈の内径および冠動脈内径と組織学的内径に統計学的有意な直線相関を認めた(左内胸動脈内径: $HEE = .082 + .978 \times \text{Histo}$ 、 $p < .0001$ / 冠動脈内径: $HEE = .005 + 1.027 \times \text{Histo}$ 、 $p < .0001$)。同様に冠動脈血管断面積においてもHEEと組織学的評価に統計学的有意な相関を認めた(冠動脈血管断面積: $HEE = .032 + 1.042 \times \text{Histo}$ 、 $p < .0001$)。

1-2. 拍動下冠動脈バイパス術(OPCAB)モデルにおいて計20頭の雑種犬をランダムに抽出し、バイパス吻合部に狭窄を有さない「コントロール群」(n=10)と、吻合部狭窄を意図的に作成した「狭窄群」(n=10)に分け、Power Doppler imaging (PDI)にてバイパス吻合部の評価の妥当性評価を行った結果、狭窄群はすべて診断可能であり、PDIによるバイパス吻合部の内径評価はコントロール群、狭窄群ともに組織学的評価と統計学上有意な直線相関を示した(コントロール群: $PDI = .0453 + .886 \times \text{Histo}$ 、 $p = .0001$ / 狭窄群: $PDI = .074 + .991 \times \text{Histo}$ 、 $p < .0001$)。

1-3. HEEおよびPDIの有用性を冠動脈造影との比較により臨床例にて検討した結果、血管内粥腫や石灰化の検出以外に、心筋内走行の冠動脈も吻合前に診断可能であった。また、PDIによる吻合部評価も容易であり、穿通枝の評価も行い得た。すべてのグラフトで明らかな狭窄を認めなかった。術中PDIにて得られたバイパス吻合径と術後冠動脈造影によるバイパス吻合径に、統計学的有意な直線相関を認めた($PDI = -.106 + 1.018 \times \text{Angio}$ 、 $p < .0001$)。

2-1. 超音波3次元画像表示システムおよびバルーンカテーテルを用い、人工心肺装置を使用しない拍動下の Balloon atrial septectomy を行った結果、すべての動物で心房中隔欠損(ASD)作成術が可能であった。

2-2. 同様に、超音波3次元画像表示システムモニター下に Kerrison Bone Punch を用い先の心房内交通孔を拡大した結果、ASDを容易に拡大でき、その効果は2次元カラードップラーにて確認することができた。これらの操作はリアルタイム3次元超音

波システムにより ASD とその他の構造物（三尖弁、冠状脈洞など）の位置関係を把握しながら行うことで、およそ数分で行うことができた。

2-3. さらに semi-automatic suture device、ノットプッシャー、suture cutting device を用いて ASD 縫合閉鎖を試みた結果、ASD サイズに比し縫合糸の数が少なかった最初の 2 例以外は、すべて問題なく ASD 閉鎖を行うことが可能であり、閉鎖後の残存シャントはすべて none 又は trivial であった。

2-4. 心臓を摘出後、すべての縫合糸を取り除き ASD を再度広げて実際の面積(平均 $81.6 \pm 38.2 \text{ mm}^2$)を測定した結果、リアルタイム 3 次元超音波システム上にて計測した ASD 面積(平均 $82.5 \pm 38.6 \text{ mm}^2$)と統計学的有意な直線相関を示した(超音波計測 = $1.007 \times$ 直接計測 + 0.337 , $p < 0.0001$)。

以上、本論文において低侵襲冠動脈バイパス術において術中リアルタイム超音波イメージング法の妥当性・有用性が示唆された。さらに、動物実験モデルにおいてリアルタイム 3 次元超音波をモニターすることにより人工心肺を用いない拍動下心房中隔欠損孔閉鎖術に成功した。本研究は新しい発想に基づく超音波の応用法であり、今後の心臓外科領域での低侵襲診断治療法に重要な貢献をなすと考えられ、学位の授与に値するものと考えられる。