

图 16

Detection of aneurysm

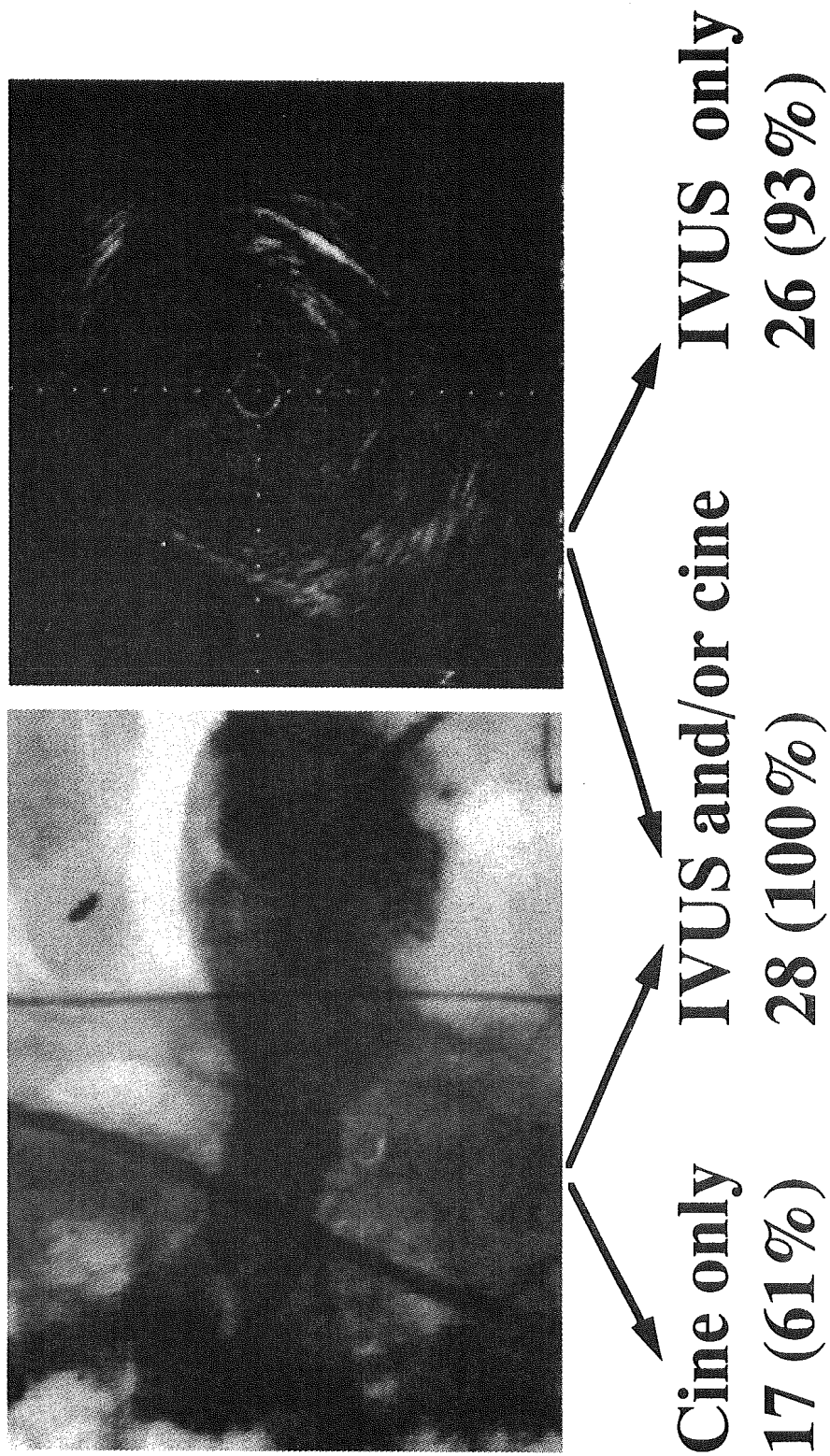


图 17

Fate of vascular wall changes

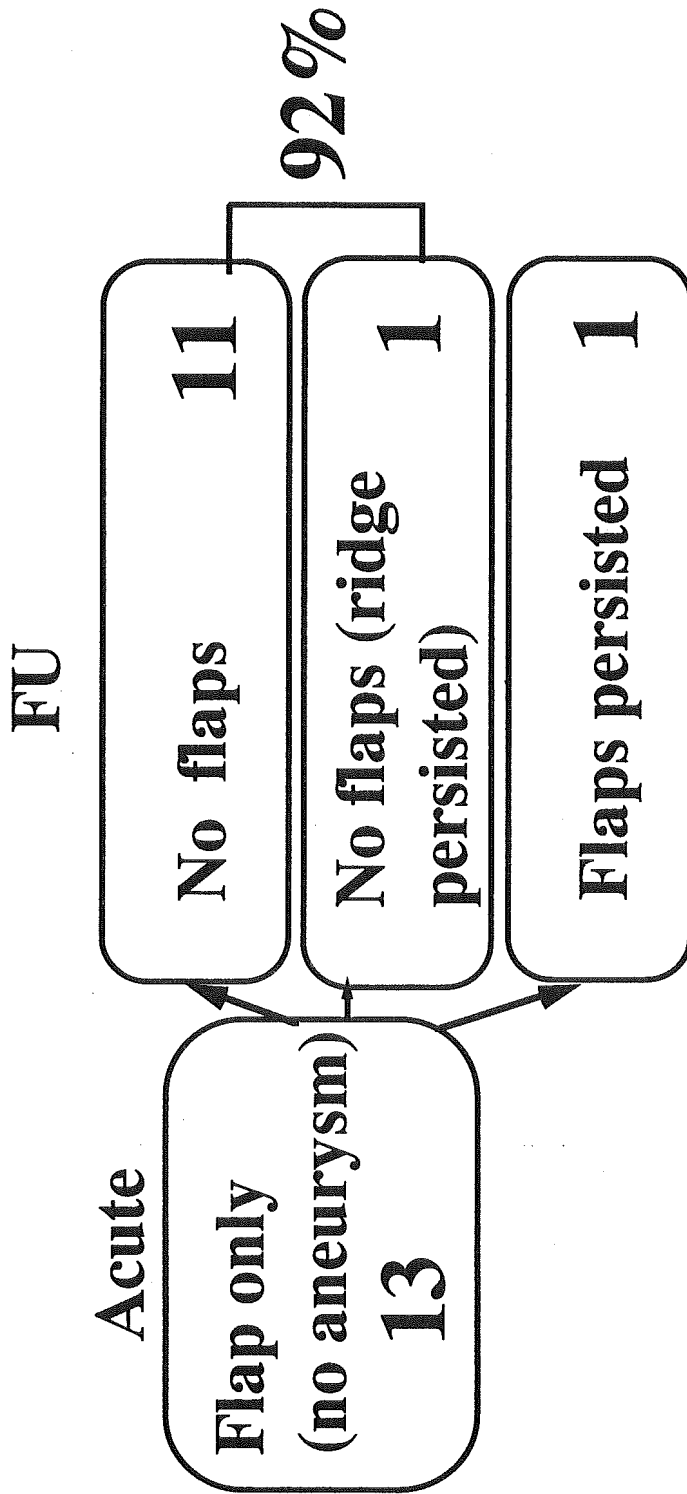


图 18

Fate of vascular wall changes

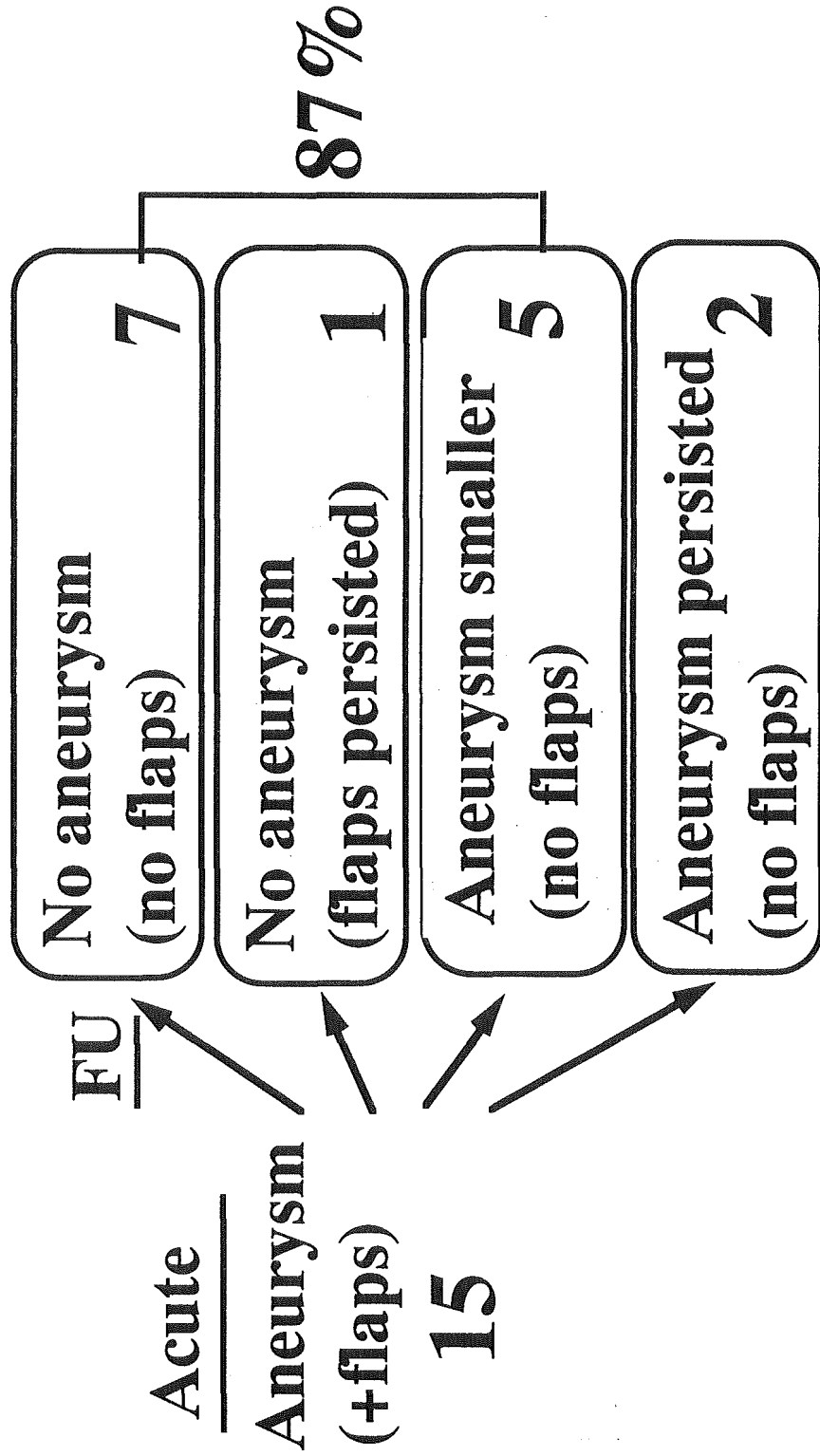


图 19

**5 yrs old
Pre-dilation**



Post-dilation



**7 yrs old
Follow-up**



Follow-up

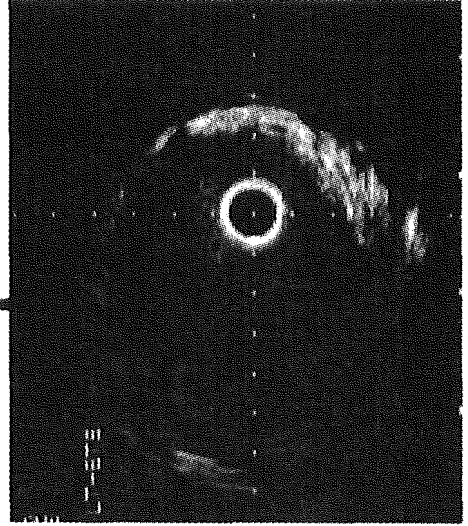
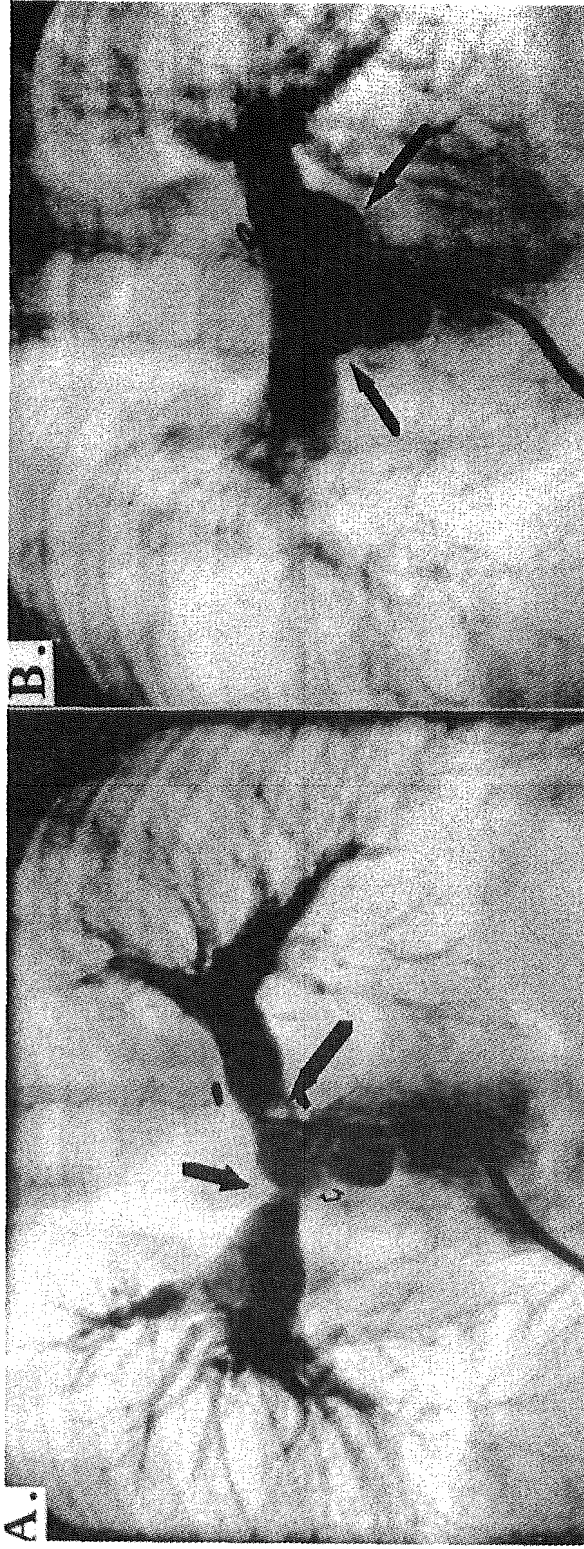


图 20

TGA, after ASO. 1.9 yrs old



Pre-dilation

Post-dilation

图 21

1.9 yrs old



7 yrs old

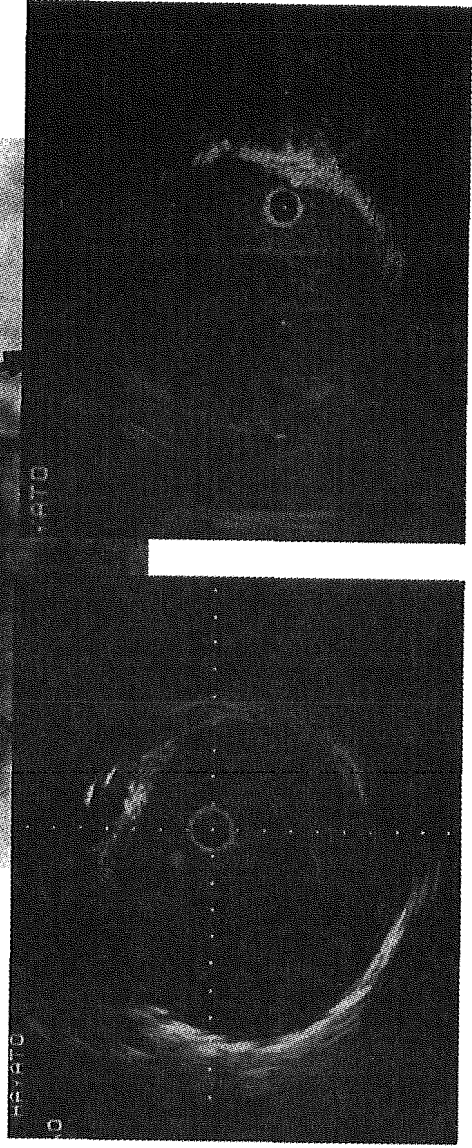
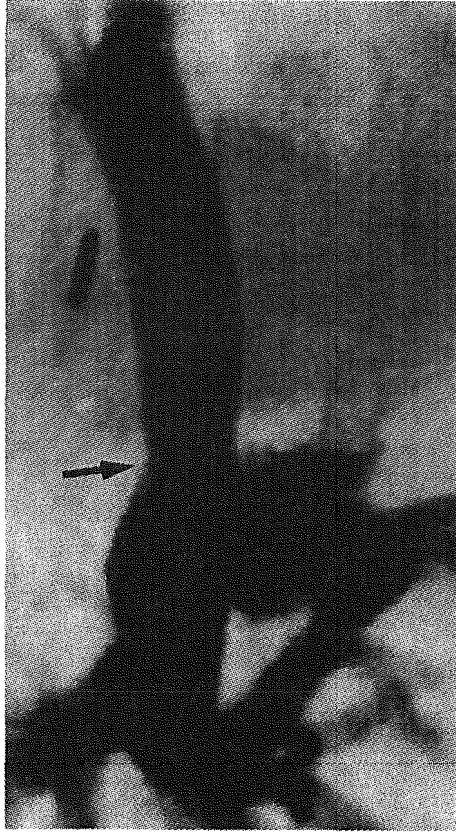


图 22

TGA, after ASO. 0.7 yrs old



Pre-dilation



Post-dilation

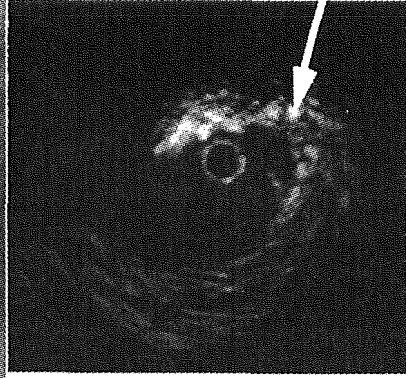
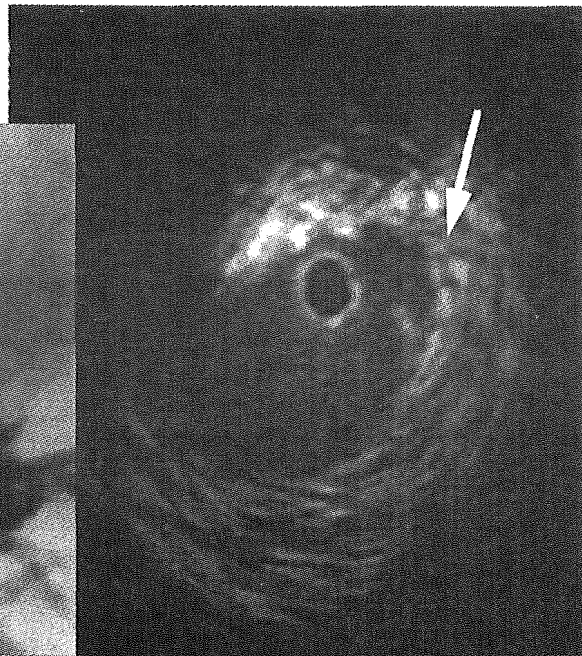
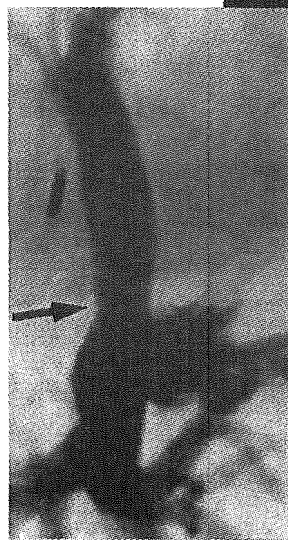


图 23

TGA, Post ASO

0.7 yrs old Post-dilation



6 yrs old Follow-up

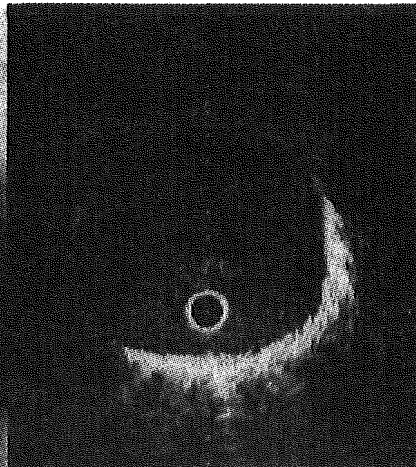


图 24

Fate of vascular wall changes

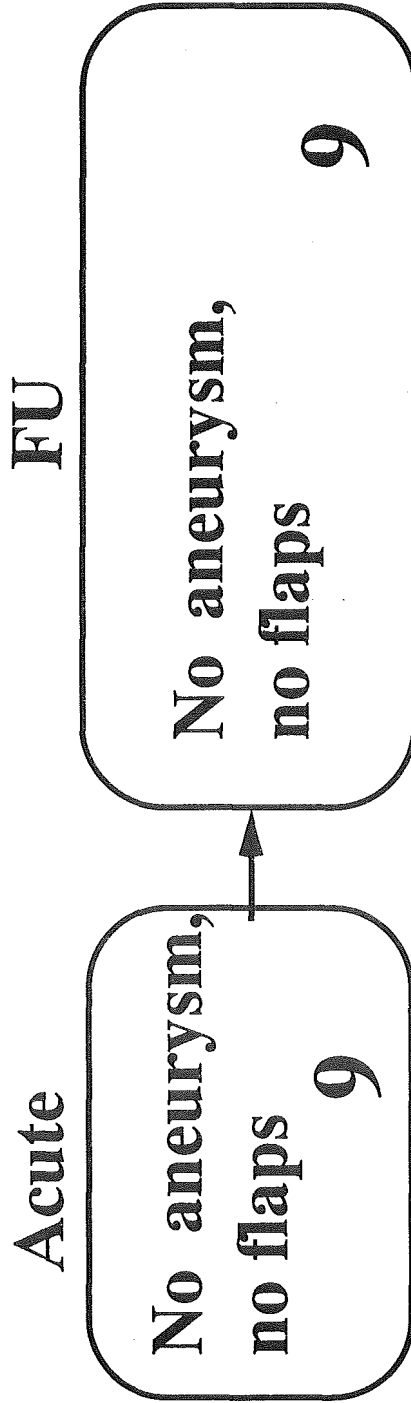


図 25

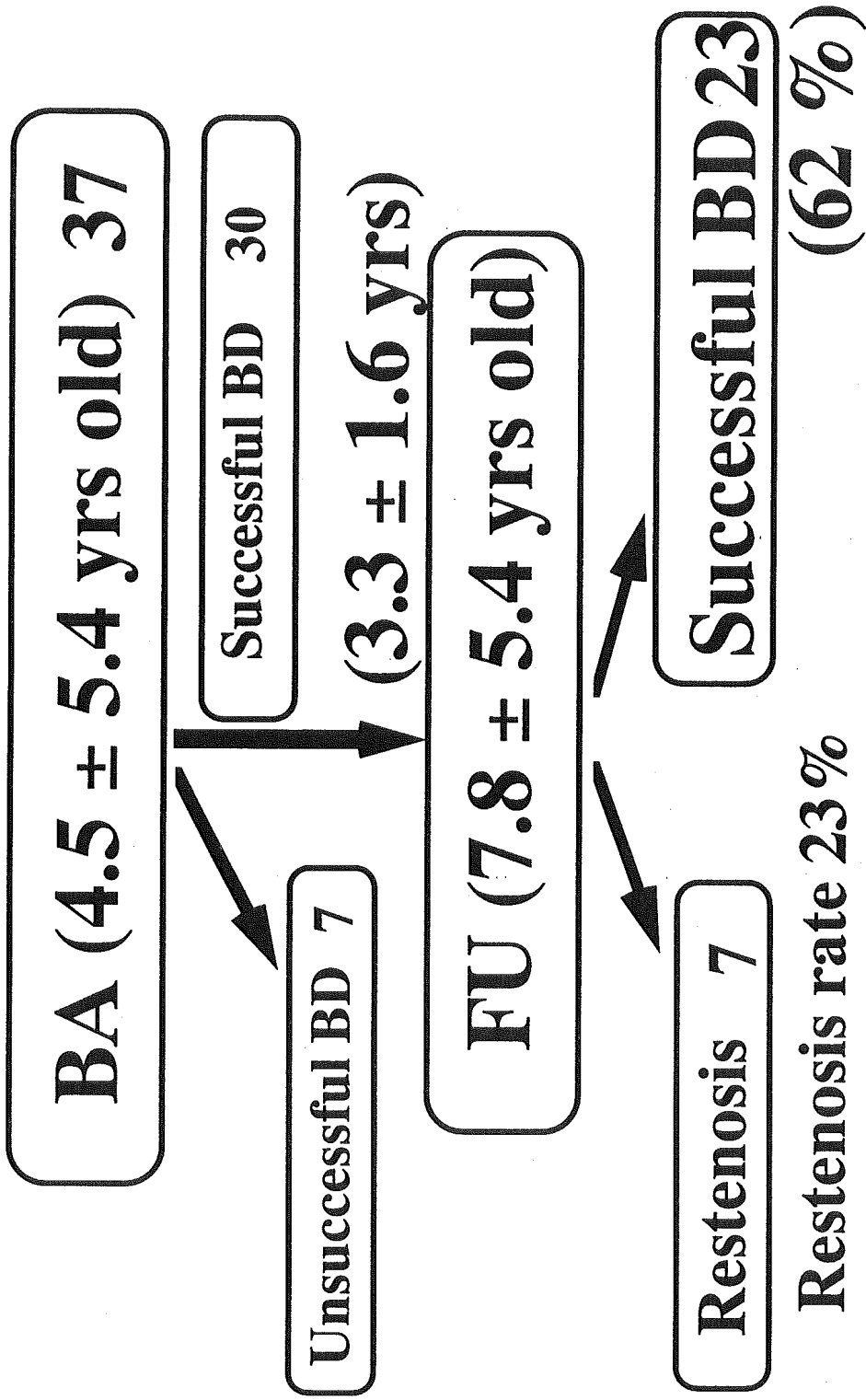


図 26

Restenosis at FU

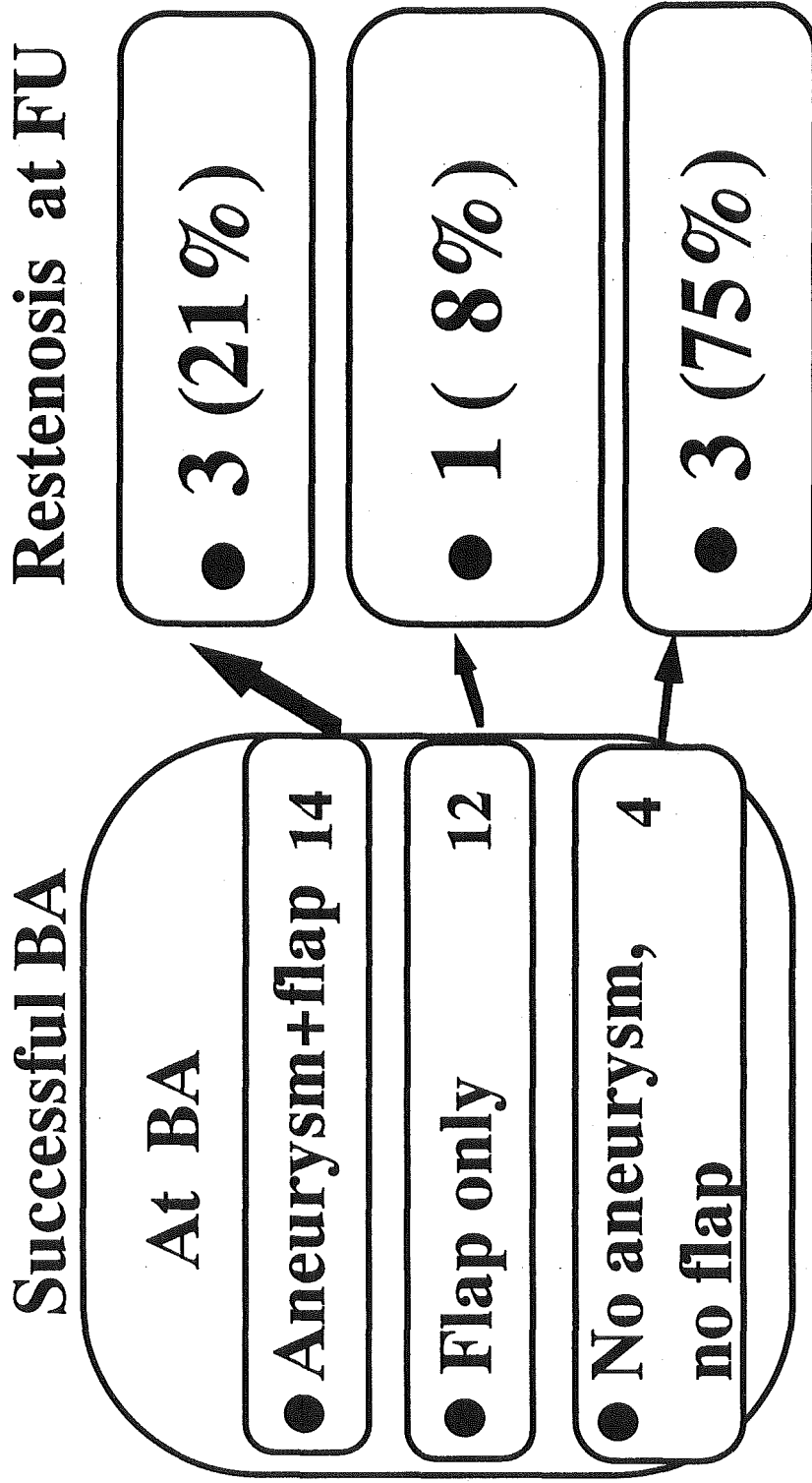


図 27

Relationship between acute vascular changes at BA and restenosis at FU

FU acute	Restenosis	No restenosis
Aneurysm Flaps	4	22*
No aneurysm No flaps	3	1

图 28

Thickness of intima-media at FU

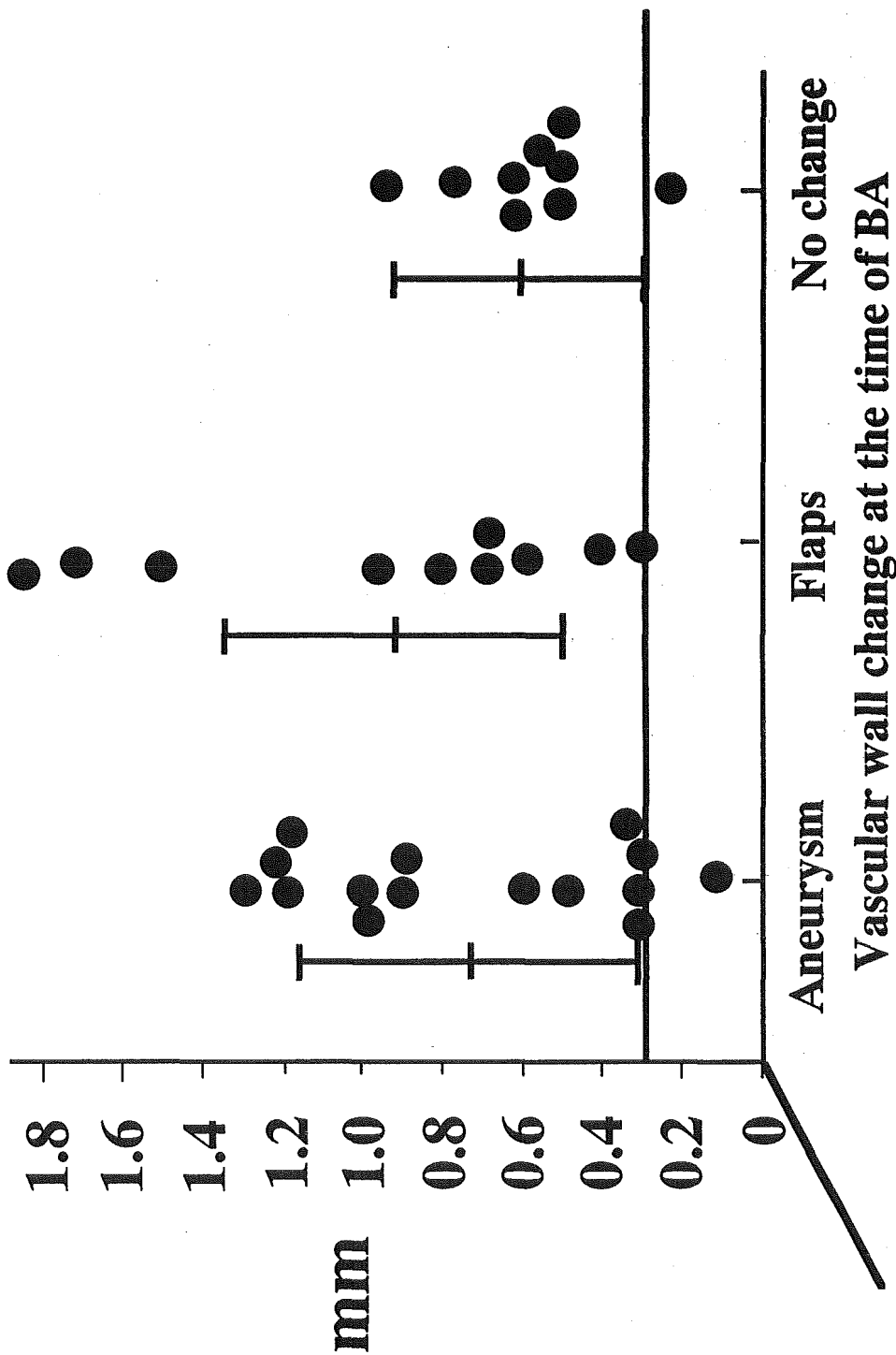


图 29

Thickness of intima-media at FU

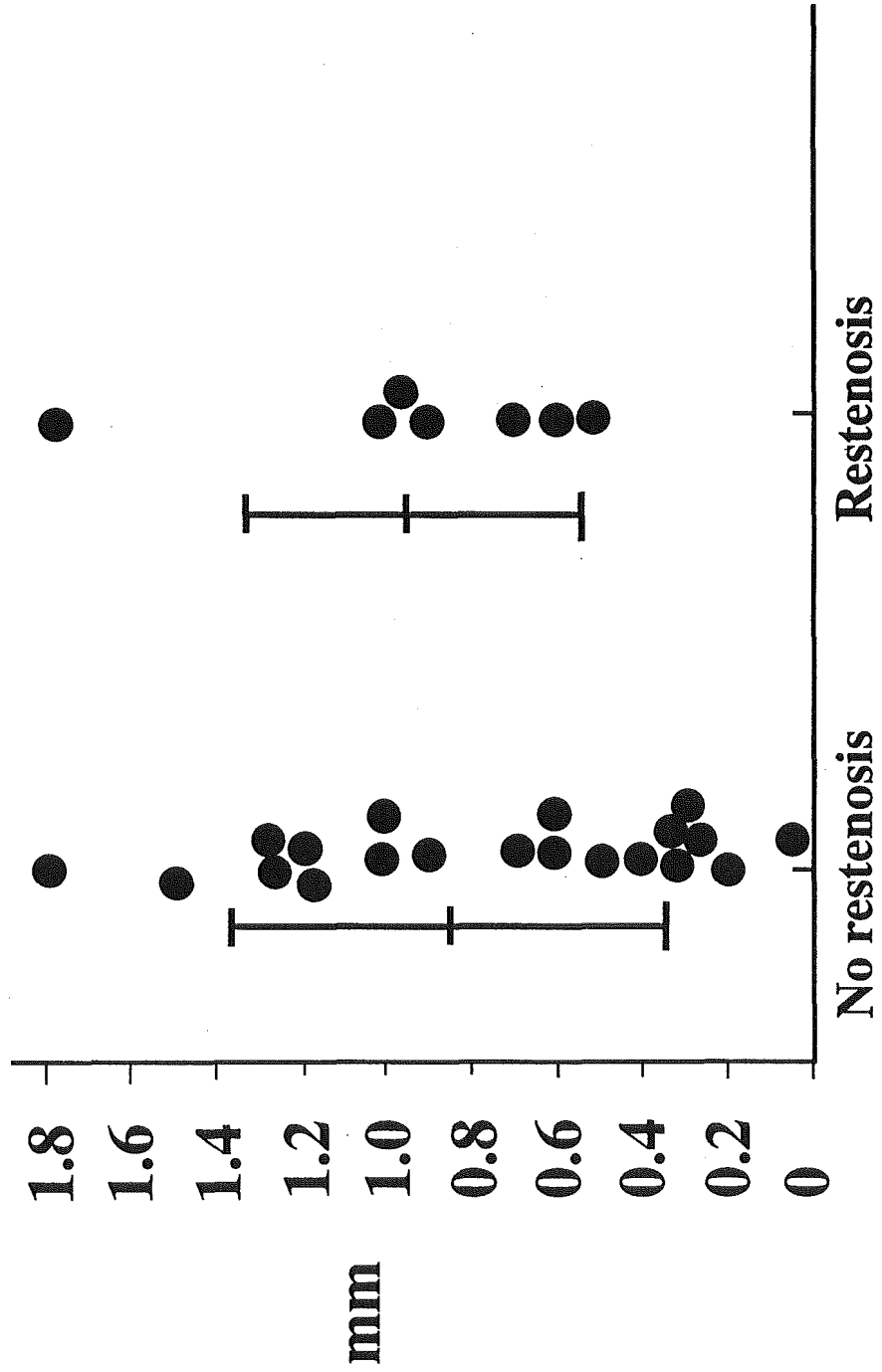
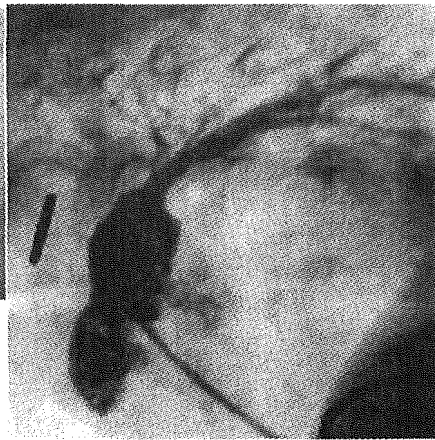
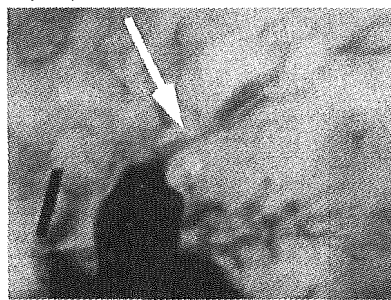


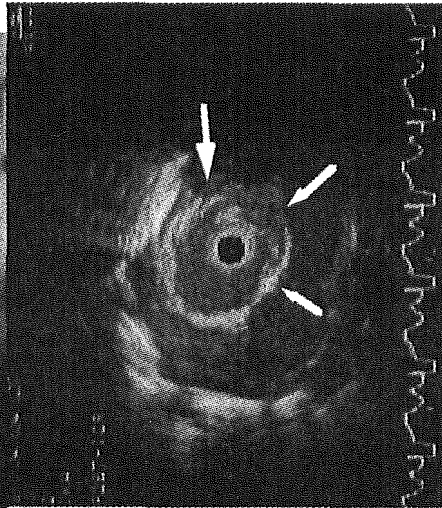
图 30

Restenosis due to intimal hyperplasia

1 yr-old



5 yr-old Follow-up



末梢性肺動脈に対するカテーテルインターベンションにおける三次元 CT 画像情報の有用性に関する研究

分担研究者 石澤 瞭 国立成育医療センター第一専門診療部長

A. 研究目的

末梢性肺動脈狭窄はファロー四徴症を始めとした種々の先天性心疾患に合併する小児循環器領域で頻度の高い心血管合併病変である。末梢性肺動脈狭窄は合併先天性心疾患の根治性に著しく関与するとともに、根治手術後の長期的な morbidity および mortality に直接影響する。

近年、末梢性肺動脈狭窄に対する治療法としてカテーテルインターベンションの重要性が増しており、わが国では多くの小児循環器専門施設で治療法としてバルーン血管形成およびステント留置が選択されるようになってきた。

末梢性肺動脈狭窄に対するカテーテルインターベンションに際しては、狭窄部最小径、狭窄遠位部径、狭窄部長などの形態を把握し、適切な治療器具を選択する必要がある、より正確な画像情報を得ることが望ましい。このため、経胸壁心エコー図検査、血管内エコー検査などの超音波検査および心カテーテル検査による血管造影法による情報が重要視されてきた。しかしながら、三次元構造をもつ血管に対して、血管の射影情報しか得られない血管造影法やエコー窓の制限から肺動脈に対する任意の断面を得ることが困難な心エコー法では、狭窄部の状態を正確に評価すること

は容易ではない。

さて、心臓血管領域でも従来から X 線コンピュータ断層撮影法 (X 線 CT) を用いた画像情報が評価されてきたが、X 線 CT は核磁気共鳴コンピュータ断層撮影法 (MRI-CT) に対して、体軸にほぼ垂直な平面での断層像を得ることを主目的としていた。このため任意の断面を得やすい MRI-CT に比し、直観的な画像情報が得られにくかった。一方 MRI-CT は原理的に撮影時間が長いため、乳幼児に適用することは臨床的には容易でなかった。ところが、近年の機械工学の発展に伴う撮影時間の短縮化およびコンピュータ解析技術の発展により、X 線 CT によっても任意の断面や三次元画像の再構築が比較的容易に得られるようになってきている。

本研究は肺動脈狭窄病変に対して、造影胸部 X 線 CT 法を施行し、肺血管の三次元構築および任意断面の再構築を行うことにより、カテーテルインターベンションに必要な血管情報を、従来の手法に比して、より正確にかつ簡便に得られるか否かを検討することを主目的としている。

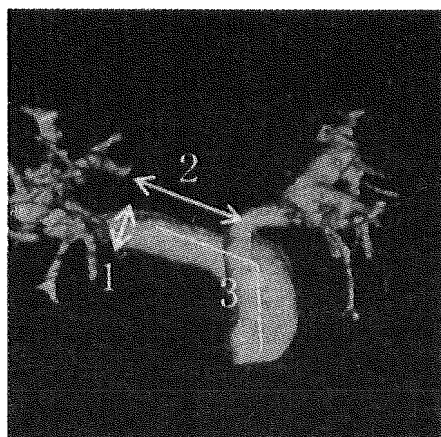
B. 研究方法

対象：末梢性肺動脈狭窄症に対してカテーテルインターベンションを施行する可能性のある患者 6 例 (Table 1) を対象にし、以下の画像

Table 1 対象患者

性	年齢	診断
女	5.4	肺動脈閉鎖兼心室中隔欠損, 主要体動脈肺動脈側副血行路
男	10.7	無脾症候群, 肺動脈閉鎖, 両側肺動脈狭窄
男	0.9	ファロー四徴症, 左肺動脈欠損
男	18.9	心室中隔欠損, 肺動脈絞扼術後根治術後, 右肺動脈狭窄
男	10.1	ファロー四徴症, 左肺動脈狭窄
女	8.0	ファロー四徴症, 左肺動脈狭窄

Fig 1 三次元CT検査計測方法



- 1: 左右肺動脈径は第一分枝分岐部で計測した。
- 2: 左右肺動脈長は左右肺動脈の主肺動脈分岐部から第一分枝までの長さとした。
- 3: 肺動脈分岐角を得るために、まず主肺動脈にほぼ直角する軸で回転し、最小の分岐角度となる位置を得た。さらにこの回転軸に直角し主肺動脈、末梢肺動脈と同一平面になる新たな軸の周囲で回転させ、最大の分岐角度を肺動脈分岐角とした。

診断法を用い、各モダリティによって得られる情報の描出可能性、定量性、質的な差異について検討した。

1. X線CT三次元構築法：原則としてカテテルインターベンション前に造影X線CT法を施行し三次元肺動脈形態を構築し、以下のパラメーターを算出した。

①主肺動脈径 ②左右肺動脈における第一分枝部での肺動脈径 ③狭窄部径 ④左右肺動脈分岐部から第一分枝まで長さ ⑤主肺動脈左右肺動脈分岐角

X線CTによる三次元(画像)構築方法

X線CT装置としてGE社製Light Speed Ultra(8列検出器MDCT)を用い、電圧120kv、電流Auto(体重別計算で上限設定あり)、scan time 0.5s、table pitch 1.675:1、table speed 16.75 mm/rot、Detector configuration

1. 25mmx8 で撮影を行った。撮影は患者覚醒の状態で行い、造影剤は末梢静脈より総量2ml/kg、秒間2mlでイオパミロン300を注入した。直後に鎖骨下静脈内の造影剤のアーチファクトを避けるために生理的食塩水20mlを秒間1mlで後押し用に注入した。通常は造影剤注入終了時点から10~15秒待って撮影開始としたが、鎖骨下静脈内の造影剤のアーチファクトが問題にならない場合にはより早い時点から撮影を開始した。

三次元画像は東陽メディック社製 Vitria 2 Workstation で再構成した。肺動脈3D再構成条件は Gallery(=プロトコール):Aorta CT(3D vessel survey: サーフエースレンダリング)を使用した。

2. 心エコー図検査：同一患者群に対してATL HDI-5000による心エコー図検査を施行し

Fig 2 各モダリティーにおける描出可能性

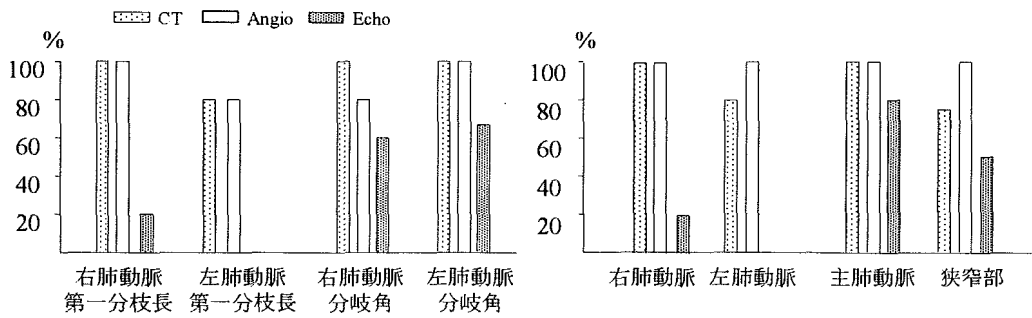
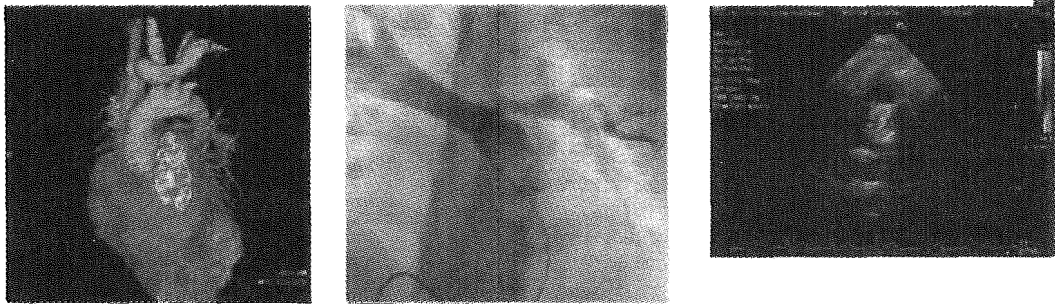


Fig 3 ファロー四徴症, 左肺動脈狭窄症例における描出性



心エコー図検査(左)では左肺動脈末梢部の描出が十分にできていない。血管造影(中央)では左肺動脈が鋭角に分岐している様子が観察されるが、CT(右)ではより詳細に分岐の状態が描出されている。

た。複数の断面から最も血管が描出されやすい断面を選択し、血管の描出性、狭窄病変の等について CT 検査と同様のパラメーターを評価した。

3. 心カテーテル造影検査：通常的心カテーテル検査において肺動脈造影を行い、頭側 35 度左斜位 35 度の条件で撮影を行った。造影後 2cm のグリッドを同角度で撮影し、これを用いて距離補正を行い、同様のパラメーターを算出した。

各モダリティーを用いて計測が可能であった部位の割合を描出性として算出し比較するとともに、得られた計測値を各モダリティー間で比較した。

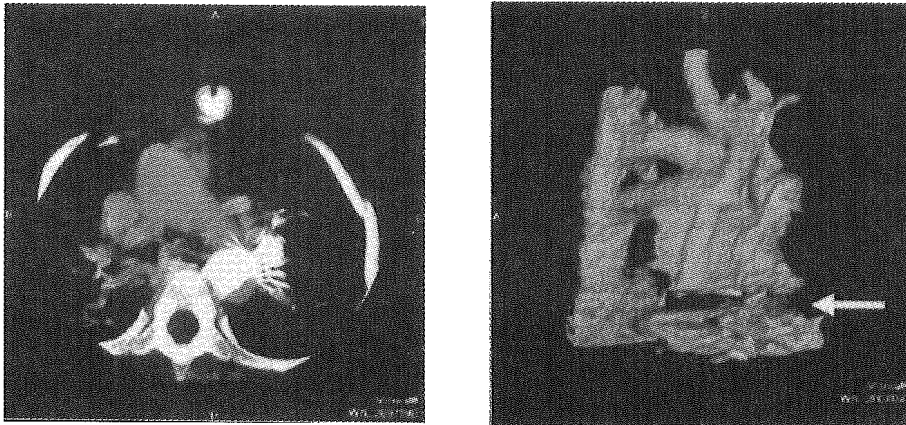
C. 研究結果

1. 形態の描出性

fig 2 に各モダリティーにおける描出性を示

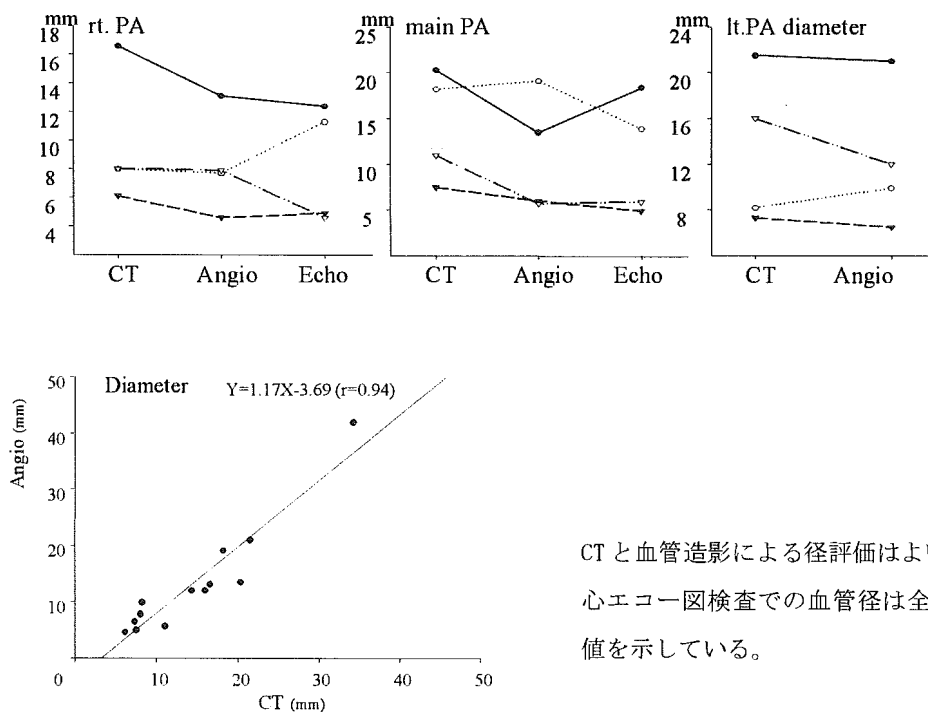
した。末梢血管径の計測において三次元 CT および心カテーテル造影検査はほぼ同等の描出性を示したが、心エコー図は明らかに描出が不良であった(fig 3)。特に左肺動脈第一分枝部径は末梢の描出が困難で、計測がほぼ不可能であった。また、狭窄部の描出についても心エコー図は 50% の症例で描出が不可能であった。描出が不可能な症例は年齢が高い症例がほとんどであった。また、血管長についても心エコーでは計測不可能な症例が多かった。fig 4 は三次元 CT 検査で左肺動脈径の測定が不可能であった症例である。手術時に左側の Blalock-Taussig 短絡のクリッピングが行われており、ステンレス製のクリップが水平方向の artifact をもたらし、左肺動脈の情報が失われていた。

Fig 4 金属クリップによる artifact



左 Blalock-Taussig 短絡の外科的閉鎖に際してステンレスクリップが使用されたがこのため 2D 画像 (右) に示すように artifact が生じている。三次元構築画像では矢印に示すように水平方向に画像が抜けてしまっている。

Fig 5 各モダリティによる血管径計測値と相関



CT と血管造影による径評価はよい相関を示すが、心エコー図検査での血管径は全般的にやや低い値を示している。

2. 計測値の比較

a 血管径

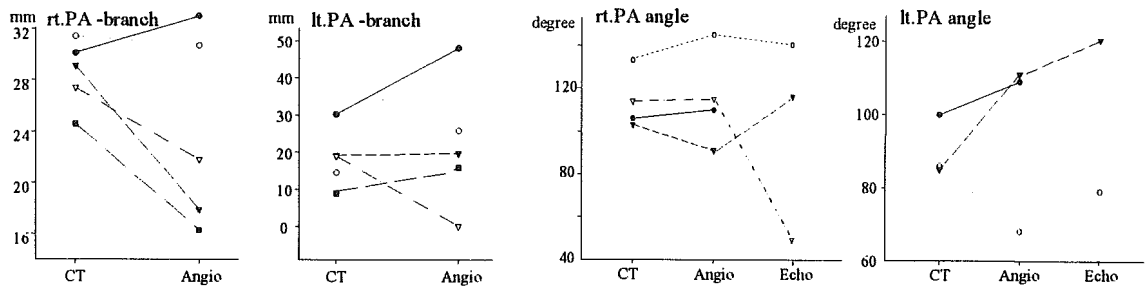
描出が可能であった病変を対象にし、三者の比較を行った。心エコー図検査では血管径は細めに評価される傾向を示した。CT と心カテール検査の比較ではいずれの部位において

も明らかな差異は認められなかった。この二者の計測値は fig 5 に示すように良好な相関を示した。

b 分岐部からの距離

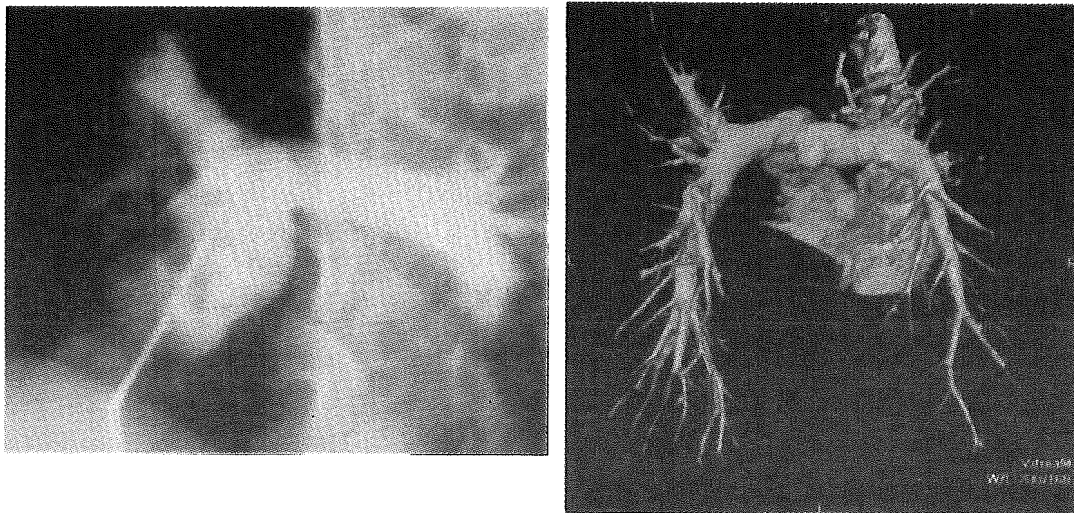
左肺動脈分枝までの距離には、CT と心カテール検査の間で有意な差はみられなかった。

Fig 6 末梢血管長、分岐角の比較



撮影角度の問題から右肺動脈第一分枝長は血管造影法で短く評価された。左肺動脈はほぼ同等の評価となった。分岐角度は各モダリティーでかなりの差を認めた。

Fig 7 右肺動脈起始部動脈瘤



血管造影では形態が十分把握できない動脈瘤が三次元CTでは明瞭に描出されている。

一方、右肺動脈分枝までの距離は心カテーテルの場合、有意に短く評価された。

c 分岐角

左右肺動脈分岐角は各モダリティーの間にかかなりの差を認めた。しかしながらその傾向は一定ではなかった。

3. 特異な病変の描出

fig7に示す症例(18歳)は肺動脈絞扼術後生じた右肺動脈狭窄に対して、3年前にバルーン血管形成を施行した症例であった。この症例は心エコーによる肺動脈の描出が困難であり、造影検査でも当初は右肺動脈にある瘤病変を指摘できなかった。三次元CTによって

右後方に突出する径8mmの動脈瘤が明瞭に観察された。

C. 考察

カテーテルインターベンションによる末梢性肺動脈狭窄拡張に際しては、事前に可能な限り詳細な解剖学的情報を得ることにより、手技に伴うリスク、およびコストを低減できる。

経胸壁心エコー図検査はカテーテル前に簡便に施行できる方法であるが、実際には今回の検討でもみられたように、年齢が高い症例では画像の描出性に乏しく、必要な病変部の情報が得られないことも多い。一方、カテー