

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | Angioplasty 及び Atherectomy 前後における血管内超音波法の有用性  |
| Author(s)    | 平井, 俊範; 興梠, 征典; 山下, 康行 他  |
| Citation     | 日本医学放射線学会雑誌. 1993, 53(11), p. 1283-1292   |
| Version Type | VoR   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/20435">https://hdl.handle.net/11094/20435</a> |
| rights       |   |
| Note         |   |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## Angioplasty 及び Atherectomy 前後における 血管内超音波法の有用性

熊本大学医学部放射線医学教室

平井 俊範   興 梶 征典   山下 康行  
坂本 祐二   原田 幹彦   浜武  諭  
山本 宏昭   宮崎 俊幸   高橋 睦正

(平成4年11月13日受付)

(平成5年1月11日最終原稿受付)

### Intravascular Ultrasound Imaging as Adjunct to Vascular Interventions: Preliminary Experience in Patients with Atherosclerotic Disease

Toshinori Hirai, Yukunori Korogi, Yasuyuki Yamashita,  
Yuji Sakamoto, Mikihiko Harada, Satoshi Hamatake,  
Hiroaki Yamamoto, Toshiyuki Miyazaki and Mutsumasa Takahashi  
Department of Radiology, Kumamoto University School of Medicine

---

Research Code No. : 508.2

---

Key words : Intravascular ultrasound, PTA, ASO, Atherectomy

---

Catheter-based intravascular ultrasound (IVUS) imaging is new, evolving technique in which a high-frequency transducer is attached to the tip of a catheter. In this study, we evaluated the usefulness of catheter-based IVUS in 11 patients with atherosclerotic disease as an adjunct to PTA or atherectomy.

A 30-MHz ultrasound catheter was inserted through a 6 F sheath to obtain real-time and cross-sectional images. The IVUS images demonstrated a three-layered appearance of muscular arteries, intimal thickening and calcification. IVUS was performed in 11 patients undergoing percutaneous transluminal angioplasty (7 patients) or atherectomy (4 patients). The presence of dissection between the media and atheroma was observed after balloon angioplasty, while IVUS imaging demonstrated a smooth wall after atherectomy. There was a good correlation between IVUS and angiography in the quantitative assessment of luminal %diameter stenosis before vascular intervention, but a poor correlation was observed after angioplasty, probably due to the dissections from balloon dilatation that resulted in irregular crescentic pathways with unclear borders to the lumen on angiography.

The results of our study illustrate the potential utility of IVUS as an adjunct to transluminal vascular intervention.

## はじめに

動脈の閉塞性疾患の診断には、血管造影が最も信頼できる診断法として確立している。しかし血管造影は血流のある三次元の内腔を二次元への投影像として描出するため、常に正確な内腔の情報を得られるとは限らない。さらに血管造影で内膜肥厚の状態や石灰化の分布といった血管壁性状を評価することには限界がある。

近年血管内超音波法 (intravascular ultrasound: IVUS) が開発され、血管内より血管壁の構造、内腔の状態を断層像として即時的に観察することが可能になった<sup>1)-5)</sup>。IVUSは欧米において基礎的研究がなされ、現在臨床的研究の中で特にvascular interventionの際の有用性が報告されてきている<sup>6)-8)</sup>。しかし本邦でのIVUSに関する報告は少ない<sup>9)</sup>。

我々はIVUSを閉塞性動脈硬化症11症例18病変に対しpercutaneous transluminal balloon angioplasty (以下PTA) ないしatherectomy前

後において施行し、血管造影と比較して臨床的有用性を検討したので報告する。

## 対象と方法

## 1. 対象

対象は、1992年2月から1992年9月の間に当院放射線科でvascular interventionが施行された閉塞性動脈硬化症11症例18病変で、その内訳はPTAが7症例10病変、atherectomyが4症例8病変である (Table 1)。全例男性で年齢は61歳から88歳 (平均71歳) であり、病変部位は浅大腿動脈7病変、総腸骨動脈4病変、外腸骨動脈3病変、内頸動脈2病変で、膝窩動脈、鎖骨下動脈はおのおの1病変ずつである。

## 2. 超音波装置と観察手順

使用した超音波装置はCVIS社製IVUSイメージングシステムである。超音波カテーテルは5FのオーバーザワイヤータイプCVIS社製Ultrasound imaging catheter (C1000) で、先端部に

Table 1 Angiographic summary of 11 patients examined with IVUS

| Patient | Age (y) | Artery          | Lesion     | %Diam. before intervention | %Diam. after intervention | Treatment |
|---------|---------|-----------------|------------|----------------------------|---------------------------|-----------|
| 1       | 72      | R, SFA (distal) | Diffuse    | 63                         | 38                        | PTA       |
|         |         | (middle)        | Concentric | 75                         | 38                        | PTA       |
| 2       | 63      | R, CIA          | Diffuse    | 47                         | 41                        | PTA       |
| 3       | 61      | L, ICA          | Concentric | 60                         | 40                        | PTA       |
|         |         | R, ICA          | Concentric | 86                         | 45                        | PTA       |
| 4       | 86      | R, CIA          | Diffuse    | 80                         | 50                        | PTA       |
|         |         | R, EIA          | Diffuse    | 51                         | 2                         | PTA       |
| 5       | 67      | R, EIA          | Diffuse    | 75                         | 35                        | PTA       |
| 6       | 72      | R, CIA          | Diffuse    | 30                         | 30                        | PTA       |
| 7       | 67      | L, SubA         | Concentric | 82                         | 45                        | PTA       |
| 8       | 73      | L, SFA (middle) | Diffuse    | 75                         | 50                        | Ath       |
|         |         | R, SFA (middle) | Diffuse    | 58                         | 33                        | Ath       |
|         |         | (proximal)      | Concentric | 47                         | 17                        | Ath       |
| 9       | 70      | R, CIA          | Concentric | 90                         | 8                         | Ath       |
|         |         | R, SFA          | Eccentric  | 62                         | 23                        | Ath       |
|         |         | R, PA           | Eccentric  | 50                         | 28                        | Ath       |
| 10      | 63      | L, SFA          | Concentric | 70                         | 40                        | Ath       |
| 11      | 88      | L, EIA          | Eccentric  | 70                         | 40                        | Ath       |

PTA: ballon angioplasty, Ath: atherectomy

CIA: common iliac artery, EIA: external iliac artery, SFA: superficial femoral artery,

PA: popliteal artery, ICA: internal carotid artery, SubA: subclavian artery

R: right, L: left, %Diam. = %Diameter

360° 走査, 回転数 1200 rpm の反射ミラーおよび周波数 30 MHz の超音波振動子が装着されている。反射ミラーを回転させるモータードライブが超音波カテーテルの手元部で接続され, 本体のビデオモニターに血管の断層像が映し出される。本体にはビデオモニター画像を録画する S-VHS ビデオテープレコーダー, 静止画像を転写する高密度熱感プリンターが内蔵されている。また, トラックボールにてビデオモニター上の画像を計測することができる。

観察は以下の手順で行った。1) IADSA を行い, モニター上に病変部のマッピング画像を作成する。2) マッピング画像を参考にしながら, 0.014 インチガイドワイヤーの誘導下に IVUS イメージング・カテーテルを病変部へ進める。3) 血管内超音波像のゲイン, ズームを調整し, S-VHS ビデオテープに狭窄部と近傍の非狭窄部を連続録画する。4) PTA 後録画テープをビデオモニターに再生観察し, また静止画像を高密度熱感プリンターに転写し解析する。5) 血管内腔の狭窄率はビデオモニター上で非狭窄部, 狭窄部の内腔をトラックボールでトレースし, 内蔵の CVIS 社製解析用プログラムを用い計測する。

### 3. 評価方法

以下の如く, 質的評価と定量的評価を行った。

1. vascular intervention 前後にて血管壁の性状及び形態の質的評価を行った。intervention 前においては血管壁の石灰化や内膜肥厚の有無を観察検討した。また intervention 後においては内

膜断裂や内膜解離の有無を検討した。

2. vascular intervention 前後にて血管内腔狭窄率を以下に示す方法で定量的評価を行った (Fig. 1)。血管造影では病変近傍の非狭窄部の直径を D1, 病変部の直径を D2 とし D1 に対する D1-D2 に 100 を乗じたものを血管の直径による狭窄率 %Diam. とした。次に血管内超音波では病変近傍の非狭窄部の面積を A1, 病変部の面積を A2 とし A1 に対する A1-A2 に 100 を乗じたものを血管の面積による狭窄率 %Area とした。なお面積は血管内腔をビデオモニター上でトラックボールでトレースし内蔵の CVIS 社製解析用プログラムを用い計測した。また狭窄率を直径による狭窄率と比較するため, 血管内超音波で計測した面積 A1, A2 から内腔が円と仮定して直径による狭窄率に直したものを %US-Diam. とし血管造影の %Diam. と比較した。

### 結 果

Table 1 に vascular intervention 前後の血管造影上の狭窄率のまとめを示す。症例 6 は左腸骨動脈が長区間にわたり閉塞していたため, 手術の際に右総腸骨動脈が donor artery となる可能性があり, 軽度の狭窄であったが PTA を施行した。

血管内超音波法の所見のまとめは Table 2 に示す。内膜肥厚を全例に認め, 石灰化も高率に描出された。PTA 後ではほとんどの症例に内膜断裂, 内膜解離が明瞭に認められた。それに対し,

$$\text{Angiography: \%Diam.} = \frac{D1-D2}{D1} \times 100$$

$$\text{IVUS: \%Area} = \frac{A1-A2}{A1} \times 100$$

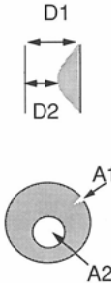
$$\text{\%US-Diam.} = \frac{\sqrt{A1}-\sqrt{A2}}{\sqrt{A1}} \times 100$$


Fig. 1 Algorithm and schema of stenotic ratio %D. S. = %diameter stenosis, %A. S. = area stenosis, %US-D. S. = %US-diameter stenosis

Table 2 Results of IVUS in 11 patients undergoing vascular intervention

| Patient | Artery          | Findings before intervention |               |           | Findings after intervention |            |           | Treatment |
|---------|-----------------|------------------------------|---------------|-----------|-----------------------------|------------|-----------|-----------|
|         |                 | Intimal thickening           | Calcification | %US-Diam. | Intimal crack               | Dissection | %US-Diam. |           |
| 1       | R, SFA (distal) | +                            | +             | 48        | +                           | +          | 20        | PTA       |
|         | (middle)        | +                            | -             | 58        | +                           | +          | 32        | PTA       |
| 2       | R, CIA          | +                            | +             | 53        | +                           | +          | 31        | PTA       |
| 3       | L, ICA          | +                            | +             | 56        | +                           | +          | 46        | PTA       |
|         | R, ICA          | +                            | +             | 82        | +                           | +          | 69        | PTA       |
| 4       | R, ICA          | +                            | +             | 83        | +                           | -          | 64        | PTA       |
|         | R, EIA          | +                            | -             | 53        | +                           | +          | 29        | PTA       |
| 5       | R, EIA          | +                            | +             | 60        | +                           | +          | 21        | PTA       |
| 6       | R, CIA          | +                            | +             | 24        | +                           | +          | 24        | PTA       |
| 7       | L, SubA         | +                            | -             | 84        | +                           | -          | 43        | PTA       |
| 8       | L, SFA (middle) | +                            | +             | 61        | -                           | -          | 32        | Ath       |
|         | R, SFA (middle) | +                            | -             | 54        | -                           | -          | 36        | Ath       |
|         | (proximal)      | +                            | -             | 36        | -                           | -          | 24        | Ath       |
| 8       | R, CIA          | +                            | +             | 70        | -                           | -          | 43        | Ath       |
|         | R, SFA          | +                            | +             | 47        | -                           | -          | 39        | Ath       |
|         | R, PA           | +                            | -             | 47        | -                           | -          | 34        | Ath       |
| 10      | L, SFA          | +                            | -             | 72        | -                           | -          | 39        | Ath       |
| 11      | L, EIA          | +                            | +             | 67        | -                           | -          | 27        | Ath       |

PTA : ballon angioplasty, Ath : atherectomy

CIA : common iliac artery, EIA : external iliac artery, SFA : superficial femoral artery,

PA : popliteal artery, ICA : internal carotid artery, SubA : subclavian artery

R : right, L : left, %US-Diam. = %US-Diameter

atherectomy 後の切除部位は平滑な血管壁を呈した。

血管造影より計測した直径の狭窄率%Diam. (Table 1) と血管内超音波の断面積から計算された直径の狭窄率%US-Diam. (Table 2) の相関を Fig. 2 に示す。vascular intervention 前は狭窄率に比較的良好な相関が認められたものの、血管造影の方が IVUS よりも狭窄を高度に描出する傾向がみられた。一方 vascular intervention 後は両者の値の相関は不良となり、特に血管造影の方が狭窄率を軽度で描出する例が多くみられた。両者の値に解離がみられた症例の中には PTA 後の高度の内膜解離を呈するものがみられた。

なお血管内超音波法による明らかな合併症は認められなかった。

次に代表的な症例を呈示する。

## 症 例

症例 1 : 72 歳, 男性 (Fig. 3)

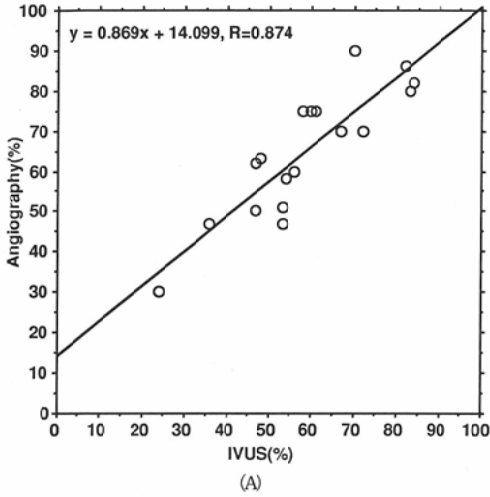
右浅大腿動脈の近位と中央部の狭窄病変に対し、PTA を施行した症例である。Fig. 3 には右浅大腿動脈中央部の病変を示す。PTA 前は IVUS 像で偏在性の内膜肥厚が認められ、PTA 後では 0 時から 3 時の方向および 8 時から 10 時の方向に大小の内膜解離を認める。

症例 7 : 70 歳, 男性 (Fig. 4)

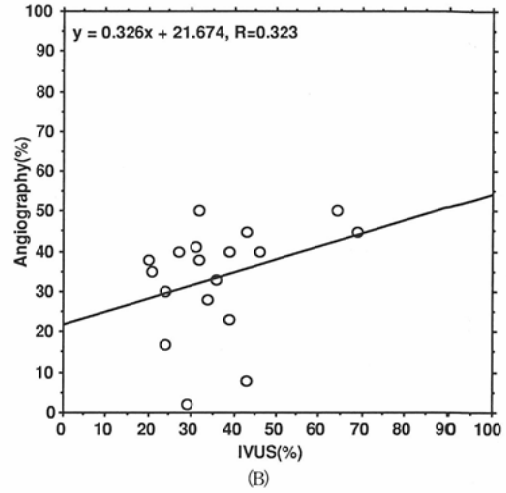
血管造影にて右総腸骨動脈に狭窄病変がみられ、atherectomy を施行した症例である。IVUS 上 11 時から 4 時の方向に鋸歯状に突出した石灰化病変を認め、内腔は扁平化している。atherectomy 後の IVUS 像では鋸歯状に突出した石灰化病変の平坦化、その対側壁の切除により内腔の拡大がみられた。

症例 10 : 63 歳, 男性 (Fig. 5)

左浅大腿動脈遠位部に血管造影上ほぼ同心性の



(A) Correlation of stenotic ratio between IVUS and angiography (pre intervention)



(B) Correlation of stenotic ratio between IVUS and angiography (post intervention)

Fig. 2

狭窄病変を認める。IVUS 上同病変は著明な偏在性の内膜肥厚があり wedge の状態を呈した。atherectomy 後は偏在性に内膜が切除されており、内腔の拡大が得られた。また切除内膜表面は平滑であった。

考 察

血管内超音波法は 1980 年代後半から欧米で基礎的、臨床的研究が多くみられるようになった新しい診断法で、血管内から内腔及び血管壁を断面像として即時的に観察することが可能であ



Fig. 3 (A)



Fig. 3 (B)

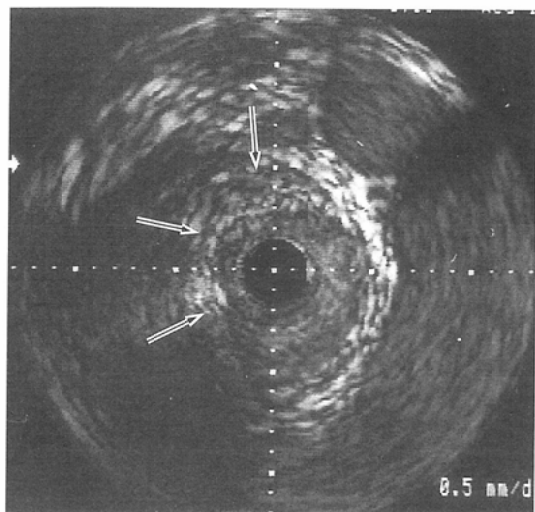


Fig. 3 (C)

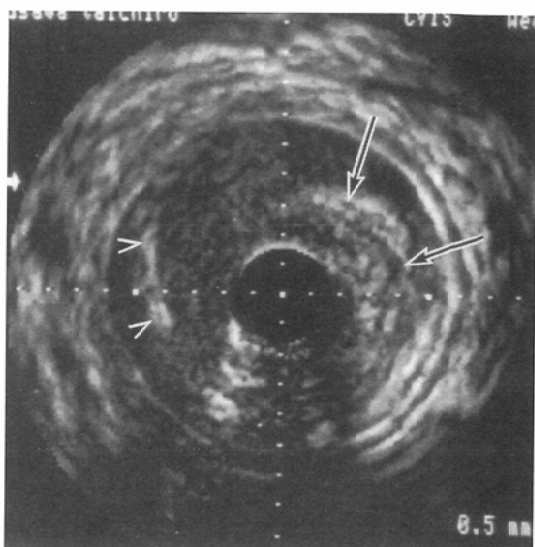


Fig. 3 (D)

Fig. 3 A 72-year-old man with atherosclerotic stenosis of the right superficial femoral artery (SFA) (case 1) : (A) Pre-PTA angiogram shows diffuse stenosis of the SFA. (B) Post-PTA angiogram demonstrates irregularly dilated arterial wall with moderate intimal dissection (arrow). (C) Pre-PTA IVUS image at diffuse stenosis of the distal SFA shows thickened intima (arrows) and laterally positioned lumen. (D) Post-PTA IVUS image discloses two intimal dissections (arrows, arrowheads).

る<sup>1)-5)</sup>。特に、vascular interventionの際の併用による有用性が期待されている<sup>6)-8)</sup>。

本研究で我々が使用したIVUSイメージング・カテーテルは5Fであり、6Fシースを通過しPTA前後の検査として短時間に容易に施行可能であり、interventionを行う際に何ら支障はなかった。またIVUS施行中に合併症はみられず、

安全性にも問題はなかった。

動脈硬化を有する筋性動脈の血管壁のIVUS像は一般に三層構造を呈する。IVUS像と病理組織像を対比検討した文献<sup>1),10)-12)</sup>によると血管壁の中膜は低エコーを示し、その内側と外側に高エコーの内膜と外膜が観察される。動脈硬化のない内膜は通常極めて薄いため、内膜肥厚を伴わない

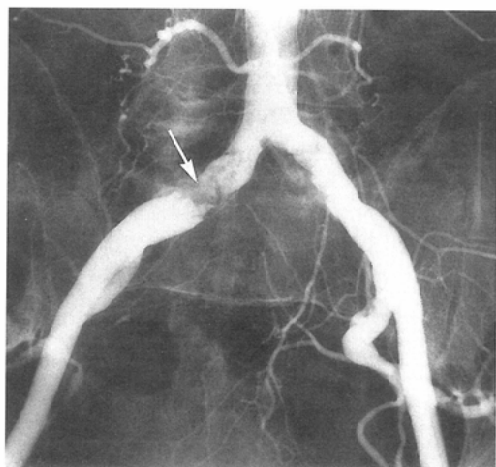


Fig. 4 (A)

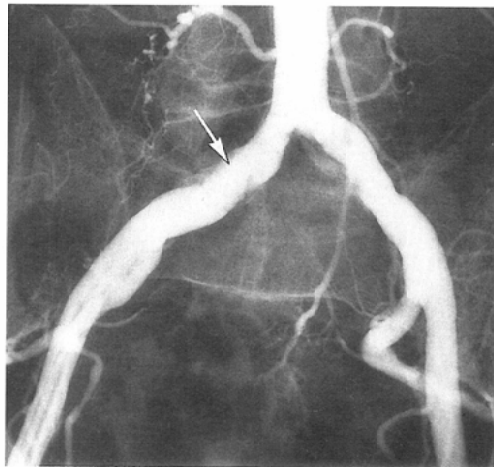


Fig. 4 (B)

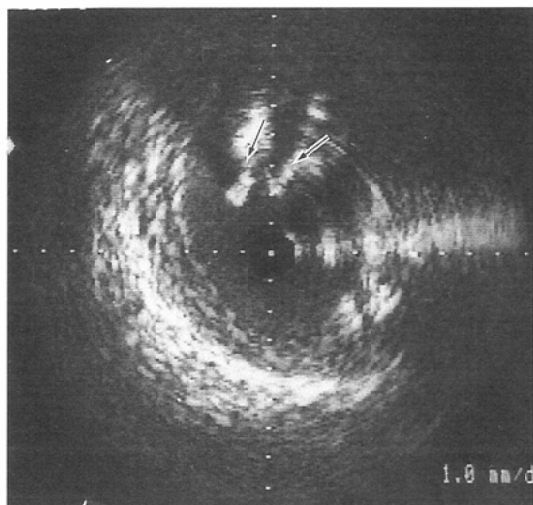


Fig. 4(C)

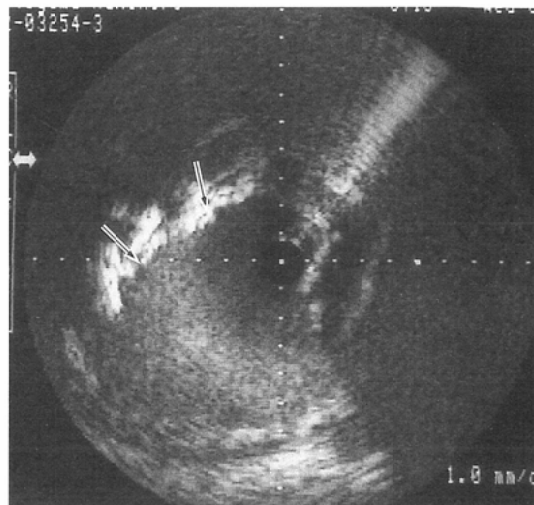


Fig. 4(D)

Fig. 4 A 70-year-old man with stenosis of the right common iliac artery (CIA) (case 9) (A) Pre-atherectomy angiogram shows severe stenotic lesion (arrow). (B) Post-atherectomy angiogram discloses disappearance of stenosis at the atherectomy site (arrow). (C) Pre-atherectomy IVUS image at the right CIA demonstrates irregular intimal thickening with heavy calcification (arrows). (D) Post-atherectomy IVUS image shows well the extent and depth of resected area. Calcified intimal thickening remains, resistant to atherectomy (arrows).

と同定困難である。中膜は echolucent な平滑筋と echogenic な弾性線維の割合により echo pattern が決定される。そのため弾性線維の割合が高い弾性動脈の中膜はエコーレベルが上昇し、内膜、外膜との境界は不明瞭となる。我々の症例のなかで内頸動脈基始部や鎖骨下動脈は主に弾性動脈であるため、中膜の同定はできず三層構造はみ

られなかった。総腸骨動脈は弾性動脈と筋性動脈の移行型のことが多く、三層構造を呈さないことがあり読影の際は注意が必要と考えられる。一方外腸骨動脈、大腿動脈は中膜が平滑筋を多く含むため明瞭な低エコーを呈し、一般に三層構造が描出される。外膜には echogenic な弾性線維、膠原線維を多く含むため高エコーを示す。

アテローム硬化斑はその厚さや構成する物質に

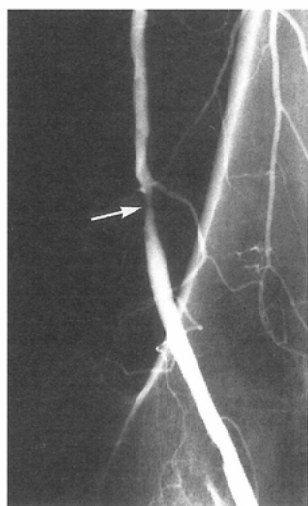


Fig. 5(A)

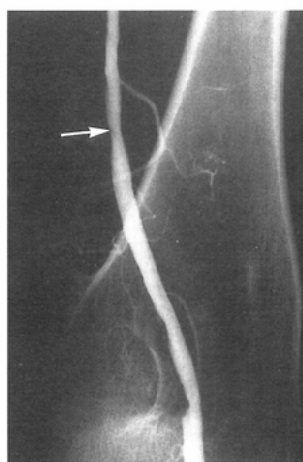


Fig. 5(B)



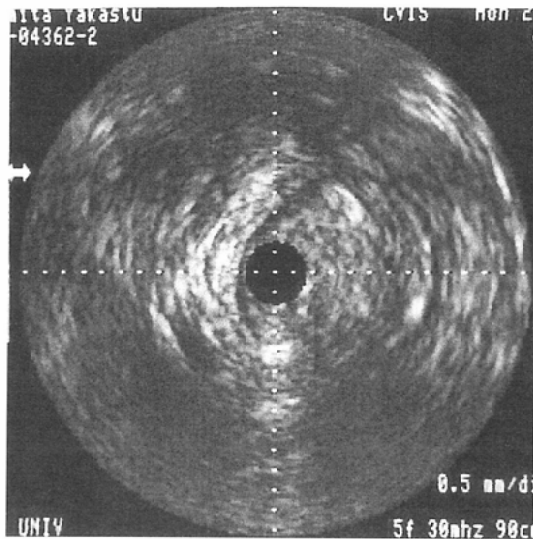


Fig. 5 (C)

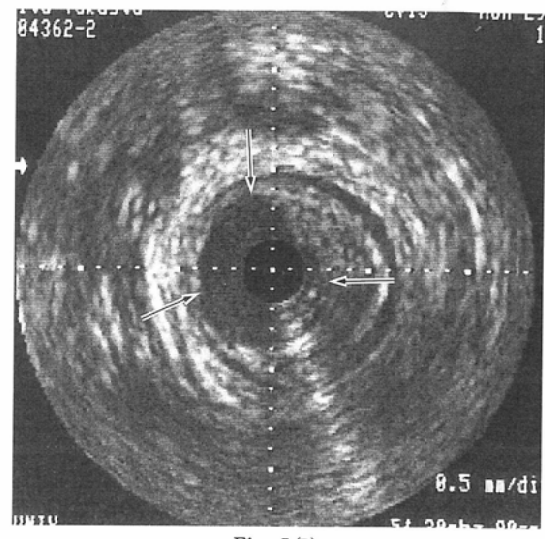


Fig. 5 (D)

Fig. 5 A 63-year-old man with narrowing of the left superficial femoral artery (case 10) (A) Pre-atherectomy angiogram shows concentric stenosis (arrow). (B) Post-atherectomy angiogram demonstrates dilatation of lumen (arrow). (C) Pre-atherectomy IVUS image demonstrates high-grade stenosis. (D) Post-atherectomy IVUS image discloses resection of thickened intima. arrows = lumen.

より様々な所見を示す<sup>12)</sup>。プラーク内の構造と echo pattern の関連についてはまだ完全に解明されていないが、以下の4つに分類される。すなわち 1) collagen が多いため中等度の、ないし高いエコーを呈する fibrous plaque, 2) 線維組織中に脂肪が分散しておりエコーはあまり強くない fibro-fatty plaque, 3) 低エコーを示す fatty or lipid plaque, 4) acoustic shadow を伴う強エコーを示す calcified plaque である。

本報告の症例においてはアテローム斑を含む内膜肥厚、石灰化を多く認めたが、IVUS はその局在と広がりを見事に描出した (Fig. 3-5)。

intervention 後の血管壁の変化は Table 2 に示す如く、PTA 例ではほぼ全例に内膜解離の所見を認め、血管造影で評価できない小さな内膜解離も、動画像として観察することにより同定可能であった (Fig. 3)。一方 atherectomy の例では切除された内膜の局在とその深さの把握に極めて有用であった (Fig. 4, 5)。atherectomy では内腔が平滑となるのが特徴的であった。

本研究の内腔の定量的検討において IVUS と血管造影の狭窄率は比較的良好な相関を認めた。

IVUS と血管組織、血管造影を定量的に対比させた文献<sup>9),14)-16)</sup>によると内腔の径、面積、狭窄率ともに比較的良好な相関を認めているが、拡大率の因子のためにより相関が得られなかったとする報告もある<sup>13)</sup>。Fig. 6 (A) に示すように血管造影では、投影する方向により狭窄率を過大評価や過小評価する可能性があるが、本検討では血管造影がやや過大評価したと考えられる症例の方が多かった。

一方冠動脈に対する balloon angioplasty 後の比較では、IVUS と血管造影の間に良好な相関が得られなかったとする報告がある<sup>13)</sup>。我々の検討でも vascular intervention 後は両者の狭窄率に解離を認めた。内腔を二次元の投影像として描出する血管造影では、intervention 後の内膜解離した腔への造影剤の侵入により内腔を過大に評価し、狭窄率を過小評価する可能性がある (Fig. 6 (B))。一方 IVUS では血管内腔を血管内から直接断層像として観察しているため比較的正確に評価しているものと考えられた。

IVUS におけるヒットホールとして、内腔の変形、壁の石灰化がみられる場合にカテーテルの存

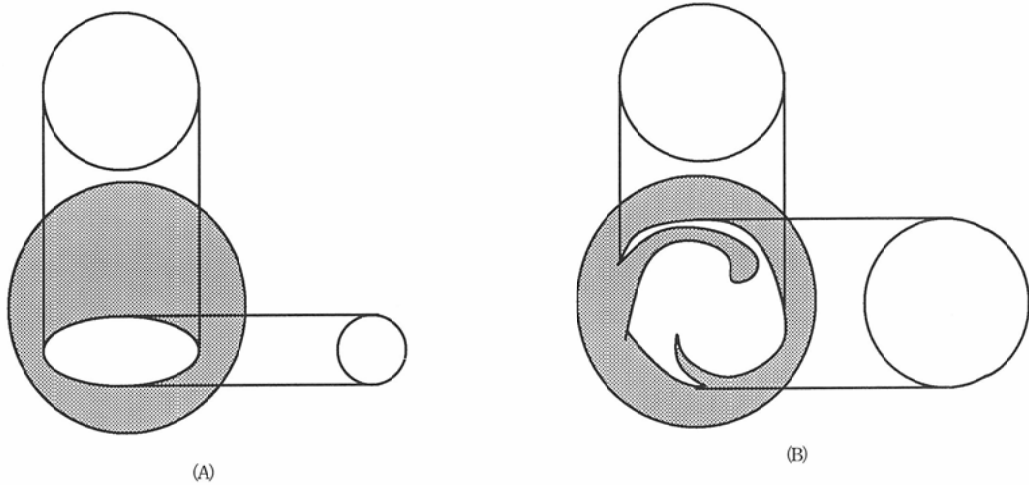


Fig. 6 (A) The stenosis is over- or underestimated on the projection image of angiography. (B) The stenosis is underestimated on the projection image of angiography due to dissections after PTA.

在する位置により全く壁が描出されないことがある。カテーテルの位置を少しずつ移動させ、全周性に内腔の状態を描出することが必要である。

### 結 語

1. 閉塞性動脈硬化症 11 症例 18 病変に対し vascular intervention 前後において血管内超音波法を施行した。

2. 血管内超音波法では内膜の肥厚の状態や石灰化の分布が明瞭に観察できた。vascular intervention 後は内膜解離、切除内膜などの血管壁の変化の評価に有用であった。

3. 血管内超音波法と血管造影で計測した狭窄率は、vascular intervention 後においてそれぞれの値に解離がみられた。

4. vascular intervention 前後の検査として、血管内超音波法は有用と思われた。

### 文 献

- 1) Meyer CR, Chiang EH, Fechner KP, et al: Feasibility of high-resolution, intravascular ultrasonic imaging catheters. *Radiology* 168: 113-116, 1988
- 2) Pandian NG, Kreis A, Brockway B, et al: Ultrasound angiography: real-time, two-dimensional, intraluminal ultrasound imaging of blood vessels. *Am J Cardiol* 62: 493-494, 1988
- 3) Gussenhoven WJ, Essed CE, Lancee CT, et al: Arterial wall characteristics determined by intravascular ultrasound imaging: an in vitro study. *J Am Coll Cardiol* 14: 947-952, 1989
- 4) Mallery JA, Tobis JM, Gessert J, et al: Evaluation of an intravascular ultrasound imaging catheter in porcine peripheral and coronary arteries in vivo. *Circulation* 78: 11-21, 1988
- 5) Pandian N, Kreis A, Desnoyers M, et al: In vivo ultrasound angiography in humans and animals: intraluminal imaging of blood vessels using a new catheter-based high-resolution ultrasound probe. *Circulation* 78: 1-21, 1988
- 6) Nishimura RA, Welch TJ, Stanson AW, et al: Intravascular US of the distal aorta and iliac vessels: initial feasibility studies. *Radiology* 176: 523-525, 1990
- 7) Isner JM, Rosenfield K, Losordo DW, et al: Percutaneous intravascular US as adjunct to catheter-based interventions: preliminary experience in patients with peripheral vascular disease. *Radiology* 175: 61-70, 1990
- 8) Engeler CE, Yedlicka JW, Letourneau JG, et al: Intravascular sonography in the detection of arteriosclerosis and evaluation of vascular interventional procedures. *AJR* 156:1087-1090, 1991
- 9) 中村茂, 出川敏行, 秋山達郎, 他: 血管内超音波法による冠動脈硬化の評価. *脈管学* 32: 317-325, 1992
- 10) Siegel RJ, Fishbein MC, Chae JS, et al: Origin of the 3-ringed appearance of human artery by

- ultrasound: microdissection with ultrasonic and histologic correlation. *J Am Coll Cardiol* 15: 17 A, 1990
- 11) Webb J, Yock PG, Siepian MJ, et al: Intravascular ultrasound: significance of the three layered appearance of normal muscular artery. *J Am Coll Cardiol* 15: 17 A, 1990
  - 12) Gussenhoven WJ, Essed CE, Frietman F, et al: Intravascular echographic assessment of vessel wall characteristics: a correlation with histology. *International journal of cardiac imaging* 4: 105-116, 1989
  - 13) Tobis JM, Mallery J, Mahon D, et al: Intravascular ultrasound imaging of human coronary arteries in vivo. *Circulation* 83: 913-926, 1991
  - 14) Potkin BN, Bartorelli AL, Gessert JM, et al: Coronary artery imaging with intravascular high-frequency ultrasound. *Circulation* 81: 1575-1585, 1990
  - 15) Nissen SE, Grines CL, Gurley JC, et al: Application of a new-phased-array ultrasound imaging catheter in the assessment of vascular dimensions: in vivo comparison to cineangiography. *Circulation* 81: 660-666, 1990
  - 16) Nissen SE, Gurley JC, Grines CL, et al: Intravascular ultrasound assessment of lumen size and wall morphology in normal subjects and patients with coronary artery disease. *Circulation* 84: 1087-1099, 1991
-