

マルチスライスCTによる非侵襲的血管計測： ファントム実験による基礎的研究

松本 一宏 陣崎 雅弘 佐藤 浩三 栗林 幸夫 新屋 昌恵*

要 旨：Advanced Vessel Analysis (AVA) と呼ばれる新たなアプリケーションソフトが開発され、マルチスライスCTのデータを用いた血管の自動計測が可能になった。AVAでは非侵襲的に血管の短軸断面上の最大径、最小径が自動で計測できる。プラスチックチューブを血管のファントムとして用い、AVAの測定精度を血管内超音波との比較により評価した。血管内超音波ではファントムの径をほぼ正確に計測できたのに対して、AVAでは実際の径よりもやや大きめに計る傾向があり、またファントムの傾きやCT値もAVAの計測値に影響した。AVAの計測に際してはこのような特徴を認識する必要があると示唆された。(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003; 43: 35-39)

Key words : Multislice CT, Peripheral artery, Automatic measurement

はじめに

マルチスライスCTの導入により広範囲を短時間に薄いスライス厚で撮影できるようになり、骨盤から下肢にわたる末梢動脈においても詳細な三次元画像が得られるようになった¹⁻³⁾。当院では末梢動脈硬化性病変が疑われた症例に対しマルチスライスCTを施行し、三次元画像を作成し治療方針の決定に用いている。また同じCTデータを用いワークステーション上のアプリケーションソフト(Advanced Vessel Analysis: AVA, GE Medical Systems社製)を用い血管径の自動計測を行っている³⁾。今回、血管のファントムを用いAVAの血管径の計測精度を血管内超音波(intravascular ultrasound: IVUS)との比較により評価した。

血管自動計測ソフトについて

AVAはCTの高空間分解能を活かしたワークステーション上の血管計測用アプリケーションソフトである^{3,4)}。計測範囲の始点と終点を指定すると血管の中心軸を自動で算出し、その中心軸に直交する短軸断面での断面積、最大径、最小径などが自動で計測される(Fig. 1)。断面積による狭窄率が測定できるほか、血管径をもとに血管内治療の際のステントやバルーンのサ

イズの選定にも応用されている。

方 法

1) プラスチックチューブファントム

血管のファントムとして円筒状のアクリル製プラスチックチューブ(CT値: 125 HU)を用い(Fig. 2A)、内径9mm, 7mm, 4mmのチューブファントムを使用した。

2) CT撮影

CT撮影においてはプラスチックチューブ内腔を稀釈した水溶性ヨード造影剤で満たし、そのプラスチックチューブを水で内部を満たした直径20cm大の円筒状のCT用撮影用ファントム(Fig. 2B)内に固定して撮影を施行した。CT装置は8スライスのマルチスライスCT(LightSpeed Ultra, GE Medical Systems社製)を使用した。撮影条件は末梢血管の撮影プロトコルに準じ、120kV, 320mA, collimation 1.25mm×8, テーブル移動速度 16.75mm/rotation, 回転速度 0.5 sec/rotation とし、CTデータは1.25mmスライス厚, 1.25mm送り, FOV 20cmに再構成した。CTデータをワークステーション(Advantage Windows 4.0, GE Medical Systems社製)上でAVAを用い短軸断面上の最大径と最小径を自動計測した。

3) IVUS

IVUSはClearview Ultra System(Boston Scientific社製)を用い、探触子は機械走査式の20MHz、カテーテル径

慶應義塾大学医学部放射線診断科

* GE横河メディカルシステム

2003年1月7日受付 2003年1月14日受理

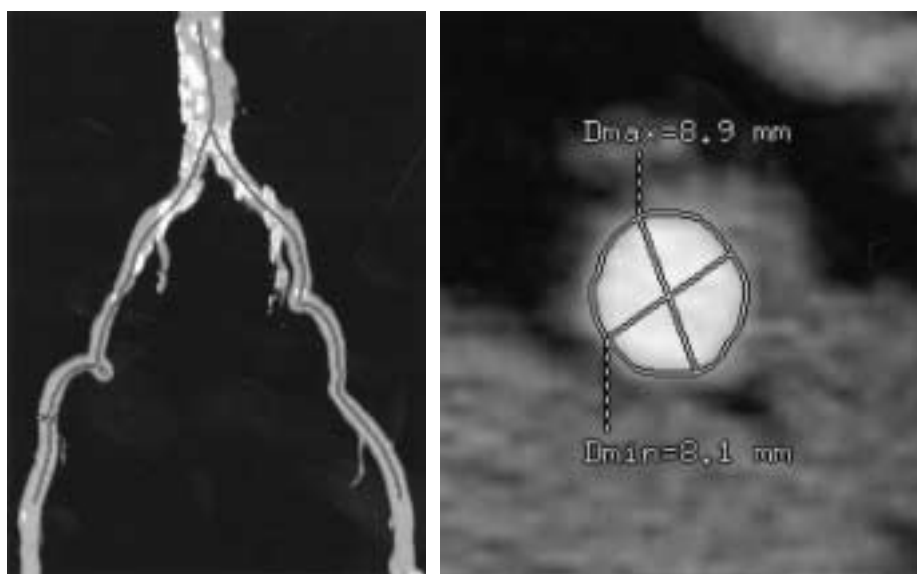


Figure 1 Advanced Vessel Analysis images.

A: Centerline of the abdominal aorta and bilateral iliac arteries.

B: Measurement of minimum and maximum diameters on cross sectional image.

A | B

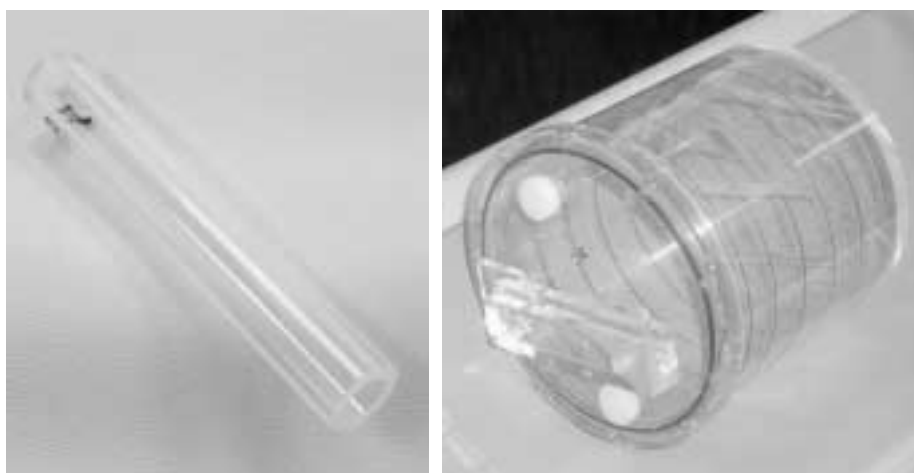


Figure 2

A: Acrylic acid resin tube phantom.

B: Acrylic acid resin water tank for CT scan.

A | B

は3.2Frを使用した。測定はプラスチックチューブファントムを水で満たした水槽内に固定し、探触子がファントムの中心軸と一致するように位置を調節し、短軸像の最大径と最小径を測定した。

4) 検討項目・測定方法

・Z軸方向に平行なファントムの計測

径9mm, 7mm, 4mmのプラスチックチューブファン

トム内腔を希釈した水溶性ヨード造影剤(CT値: 350 HU)で満たしZ軸方向(体軸方向)に平行に置きCTを撮影し、AVAによる自動計測を行い、IVUSを用いた計測値と比較した。

・Z軸に対して傾けたファントムの計測

また、各径のプラスチックチューブファントムを水平面上でZ軸に対して平行(0度)および30度、60度と傾

Table 1 Comparison of IVUS and Advanced Vessel Analysis measurement values

	Min. diameter		Max. diameter	
	IVUS	AVA	IVUS	AVA
9 mm	9.0±0.1	9.3±0.1	9.1±0.1	9.8±0.1
7 mm	7.0±0.1	7.3±0.1	7.0±0.1	7.7±0.1
4 mm	3.8±0.1	4.4±0.1	3.9±0.1	4.6±0.2

Table 2 Comparison between different angles to Z-axis

	0°		30°		60°	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
9 mm	9.3±0.1	9.8±0.1	9.5±0.1	9.9±0.1	9.4±0.4	10.4±0.3
7 mm	7.3±0.1	7.7±0.1	7.6±0.1	8.0±0.2	7.8±0.3	8.4±0.3
4 mm	4.4±0.1	4.6±0.2	4.6±0.1	4.9±0.1	4.5±0.2	4.9±0.3

けて固定し、同一条件下にCT撮影を行い、AVAで自動計測した。

・内腔のCT値が異なるファントムの計測

径9mmのプラスチックチューブを5本用意し、内部に濃度の異なる希釈した造影剤(CT値: 505 HU, 455 HU, 355 HU, 275 HU, 215 HU)で満たし、同一条件下でCTを撮影し、AVAによる自動計測を施行した。

AVAおよびIVUSによる計測は最小径・最大径について10ヶ所ずつ行い、それぞれの平均値と標準誤差を求めた。

・内腔のCT値が異なるファントムの計測

AVAの計測画面上で、内腔のCT値が505 HUと高濃度の場合には内腔と壁との境界が円形にほぼ正確にトレースされているが、275 HUの場合、境界のトレースが不整になり、さらに内腔の濃度が低く215 HUのファントム(内腔と壁との濃度差: 90 HU)では内腔と壁との境界の識別が不可能であった(Fig. 3)。AVAの計測値はファントム内腔のCT値が低下するにつれて最小径・最大径ともに誤差が大きくなり、実際の径よりも大きく測定するようになった(Table 3)。

結 果

・Z軸方向に平行なファントムの計測

IVUSでは各太さのファントムの最小径・最大径をほぼ正確に計測できた。これに対してAVAでは最小径で平均0.3~0.4mm, 最大径で平均0.6~0.8mm実際の径よりも大きく計測していた(Table 1)。AVAの測定誤差は1mm未満であるものの、IVUSの誤差が最小・最大径とも平均0.2mm以下であったのに比べ大きかった。AVAの誤差の実測値はファントムの内径に関わらずほぼ一定であった。

・Z軸に対して傾けたファントムの計測

AVAによる計測値はファントムの傾きがZ軸方向に対して角度が大きく垂直に近くなるに従って最小径・最大径ともに測定誤差が大きくなり、実際の径よりも大きく計測された(Table 2)。

考 察

血管の走行に対して直交する短軸断面像はこれまでIVUSでしか得られず、短軸断面上の血管径計測には侵襲的な手技が必要であった。AVAにより低侵襲で短軸断面での血管径の自動計測が可能になった。マルチスライスCTを用いた骨盤から下肢の末梢動脈の詳細な三次元画像が行われるようになり、同一のCTデータから血管計測ができる利点があり、血管内治療のプランニングに応用されているが、対象となる血管径が腸骨動脈領域で10mm以下であり、市販のステントやバルーンの径も1mm単位で設定されていることから高い精度が要求される。

今回のファントムの計測でAVAは最小径・最大径ともに実際の径よりも大きく計測された。ファントムがZ軸に対して平行に置かれた場合、誤差はいずれも1

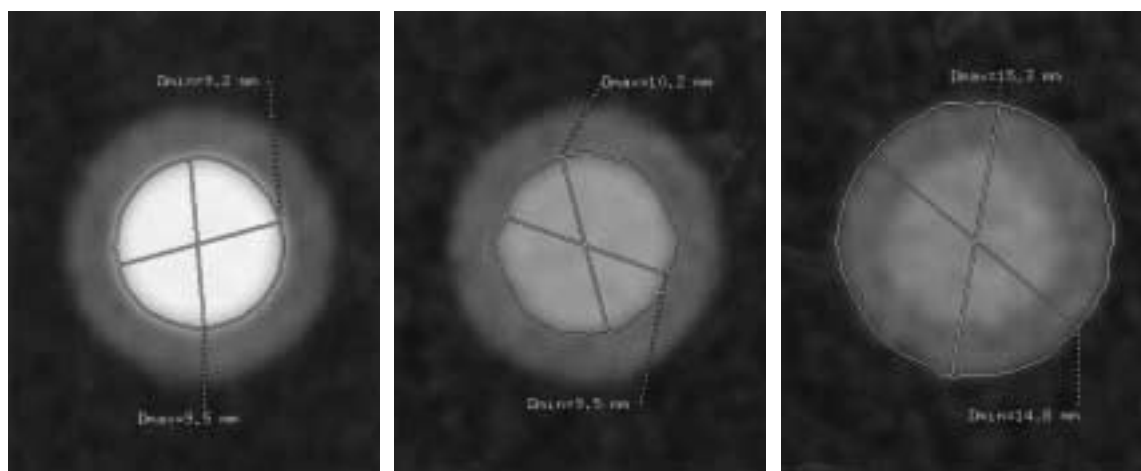


Figure 3 Measurement of phantom lumen diameters (comparison of different inner lumen densities)
A: 505 HU, B: 275 HU, C: 215 HU

A | B | C

Table 3 Comparison between different densities of inner lumen of tube phantom

	505HU	455HU	355HU	275HU	215HU
MIN	9.2±0.0	9.3±0.0	9.4±0.1	9.5±0.1	-
MAX	9.5±0.0	9.7±0.1	9.8±0.1	10.2±0.1	-

mm未満であった。絶対値はファントムの内径に関わらずほぼ一定であることから、誤差の主要因として内腔と壁の境界の算出によるものと考えられる。対策としてはpixel sizeをできる限り小さくすることが挙げられ、FOVを可能な限り小さくする必要があると思われる。IVUSはファントムの短軸断面と一致した場合、今回のように非常に精度の高い計測が可能であるが、必ずしも実際の短軸断面と一致せず、その場合最大径が実際よりも大きく計測される^{5,6)}。

ファントムをZ軸に対して傾けた場合、角度が大きくなるに従いAVAの測定誤差が大きくなった。主要因としてはpartial volume effectの増加が考えられる。対策としてスライス厚をより薄くし、partial volume effectを低減することが挙げられる。

内腔の造影剤濃度を変えたファントムの検討では造影剤の濃度が薄くなるに従いAVA測定値の誤差が大きくなり、壁と内腔との濃度差が90 HUと低かったファントムでは内腔と壁との境界の識別が不能であった。測定精度を上げるためには血管内腔の造影剤濃度をより高くする必要があり、高濃度造影剤(350～370mgI /

ml)の使用や造影剤の注入速度を上げるなどの対策が考えられる。また骨盤や下肢への造影剤の到達時間には個人差があり、実際のCT撮影では撮影開始のタイミングが重要となる。モニタリング法を用い造影剤の到達を確認するなど、至適タイミングで撮影する必要がある⁷⁾。

結 論

AVAは血管径の自動測定が低侵襲で可能なアプリケーションソフトであるが、血管走行の方向や血管内腔の造影剤濃度などにより測定誤差を生じることを認識しておく必要がある。

文 献

- 1) Rubin GD, Shiao MC, Leung AN et al: Aorta and iliac arteries: single versus multiple detector-row helical CT angiography. *Radiology*, 2000, 215: 670-676.
- 2) Rubin GD, Schmidt AJ, Logan LJ et al: Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff. Initial experience. *Radiology*, 2001, 221: 146-158.

- 3 松本一宏, 陣崎雅弘, 佐藤浩三他: 末梢動脈閉塞性病変におけるmultidetector-row CTを用いた3次元画像の有用性. 脈管学, 2002, 42: 505-510.
- 4 林 宏光, 高木 亮, 高浜克也: MDCT angiography と Advanced Vessel Analysisを用いた新しい血管病変の画像診断と解析. 脈管学, 2002, 42: 521-527.
- 5 Malley JA, Tobis JM, Griffith J et al: Assessment of normal and atherosclerotic arterial wall thickness with an intravascular ultrasound imaging catheter. Am Heart J, 1990, 119: 1392-1400.
- 6 Moriuchi M, Tobis JM, Mahon D et al: The reproducibility of intravascular ultrasound imaging in vitro. J Am Soc Echocardiogr, 1990, 3: 444-450.
- 7 伊藤加奈子, 山下康行: マルチスライスCTにおける造影剤の有効な使用方法. 日本医学放射線学会雑誌, 2002, 62: 675-681.

Non-Invasive Vascular Measurement Using Multislice CT: Basic Phantom Study

Kazuhiro Matsumoto, Masahiro Jinzaki, Kozo Sato, Sachio Kuribayashi, and Masae Shinya*

Department of Diagnostic Radiology, Keio University School of Medicine, Tokyo, Japan

*GE Yokogawa Medical Systems, Tokyo, Japan

Key words: Multislice CT, Peripheral Artery, Automatic measurement

The use of three-dimensional CT angiography using multislice CT has become common in the assessment of iliofemoral arteries. Recently, new software known as Advanced Vessel Analysis (AVA) has been developed for automatic measurement of the vascular lumen. AVA makes it possible to display true cross sectional images perpendicular to the central axis and measure the diameter and cross sectional area on a workstation. The purpose of this study was to evaluate the accuracy of AVA by measuring vascular phantoms, in comparison with intravascular ultrasound (IVUS). We used acrylic acid resin cylinders as vascular phantoms. Vascular phantoms were scanned by 8-channel multislice CT, and the inner diameters (maximum and minimum) were measured by AVA. IVUS was able to measure the phantom diameters with a high level of accuracy, while AVA had a tendency to overestimate phantom diameters slightly. Further, it was considered that certain factors, including the direction of the vessel and density of the inner lumen, influenced the measurement values obtained by AVA. We need to recognize the characteristic trends of AVA and to use the appropriate scanning method to improve accuracy.

(J. Jpn. Coll. Angiol., 2003; 43: 35-39)