

Adamkiewicz動脈の術前評価における 経動脈造影CTA(IACTA)の有用性

魚谷 健祐^{1,2} 山田 直明¹ 河野 淳² 鶴崎 正勝² 川崎 竜太² 谷口 尚範²
藤井 正彦² 北川 敦士³ 大北 裕³ 内藤 博昭¹ 杉村 和朗²

要 旨：胸部大動脈手術における脊髄虚血の予防策の一つとして、Adamkiewicz動脈とその起始動脈の術前診断が求められている。最も確実な診断法は選択的肋間動脈造影であるが、合併症が無視できず一般化していない。近年MRAやCTAを用いた非侵襲的診断が報告されているが、起始動脈の描出能は十分とは言えない。当施設ではAKAの同定に経動脈造影CTA(IACTA)を施行しており、その有用性を報告する。(J Jpn Coll Angiol, 2007, 47: 511-517)

Key words: the artery of Adamkiewicz, CT, IACTA, TAA, TAAA

はじめに

脊髄虚血は胸部下行大動脈瘤(thoracic aortic aneurysm: TAA)および胸腹部大動脈瘤(thoraco-abdominal aortic aneurysm: TAAA)の手術における重篤な合併症であり、その発生率は5~11%と報告されている¹⁻⁴⁾。術中、術後の脊髄循環不全がその主な原因であり、予防策として肋間動脈および腰動脈の再建の有用性が報告されている^{5,6)}。

大前根動脈(the artery of Adamkiewicz: AKA)は肋間動脈脊髄枝である前根動脈(胸髄全体で3~10本存在する)のうち最大のものであり、胸腹部領域における脊髄神経の主要な栄養血管である。AKAは肋間動脈および腰動脈の背側枝から分岐し、椎間孔を通過して脊柱管内に入り、前脊椎動脈とヘアピンカーブ状の形態をなす血管である(Fig. 1)。太さは0.5~1.5mmで、62%がTh9~Th12の間に存在し、約73%が左側に存在するとされる⁷⁾。

AKAとその起始動脈を術前に同定することにより、瘤との解剖学的関係を術前に把握することが可能となる。このことは外科医にとって再建すべき肋間動脈あるいは腰動脈の情報のみならず、最適なクランプの場所、

切除範囲など手術のplanningに有益な情報を与える⁸⁾。AKAの同定において、唯一確実な方法は選択的肋間動脈造影であるが⁹⁻¹³⁾、脊髄虚血を含めた合併症が無視できず、一般化するに至っていない。近年、MRAおよびCTAを用いた非侵襲的なAKAの術前同定の試みが報告されている¹⁴⁻²²⁾。高い空間分解能を有するCTは、0.5~1.5mmという細い血管であるAKAを診断するのに有益なモダリティである。CTの問題点としては、AKAとその起始動脈が椎体の近傍を走行しているため、X線吸収の高い骨成分により椎体周囲でのcontrast-to-noise-ratio(CNR)が低下し、診断の妨げになるという点がある。CNRを向上させるためには動脈を強く造影することが求められるが、経静脈造影CTA(intra-venous injected CTA: IVCTA)では注入速度を速くしても右心系で希釈されてしまうため動脈の造影効果には限界がある。動脈のさらに強い造影効果を得る目的で、松本らは大動脈に挿入したカテーテルから直接造影剤を注入してCTを撮影する経動脈造影CTA(intra-arterial injected CTA: IACTA)を施行し、4例中全例でAKAが同定できたと報告している²³⁾。われわれの施設でもIACTAを施行しており、その有用性を検討した。

対象と方法

対象は2005年8月から2007年1月までの間に胸部お

2007年6月8日受理

¹国立循環器病センター放射線診療部

²神戸大学大学院医学系研究科内科系講座放射線医学分野

³神戸大学大学院医学系研究科外科学講座心臓血管外科学分野

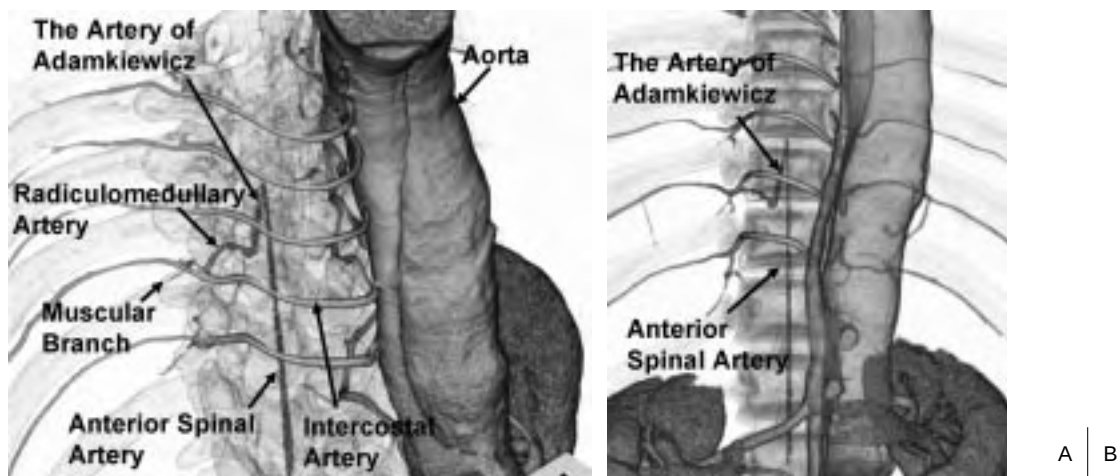


Figure 1 Anatomical course of the artery of Adamkiewicz (AKA).

Right anterosuperior view (A) and frontal view (B) of three-dimensional volume-rendering CT images of IACTA with semitransparent skeletal system. Intercostal and lumbar arteries originate from aorta, and divide into anterior and posterior branches. Anterior branches run through intercostal groove. The posterior branches subdivide into the radiculomedullary artery and the muscular branch. Radiculomedullary artery courses to spine and enters vertebral foramen. The AKA is the largest anterior radiculomedullary artery and joins the anterior spinal artery with characteristic hair-pin curve appearance.

および胸腹部大動脈瘤の手術前にIACTAを施行した23例。このうち7例は解離性大動脈瘤で、16例は真性動脈瘤であった。男性が17名で女性が6名。年齢は22～83歳、平均66歳。検査に先立ち、血管造影の手技に関連する合併症と、通常に比し多量の造影剤を使用することの副作用についての説明を行い、全例に文書での承諾を得た。

検査の手順としては、術前の冠動脈造影あるいは大動脈造影が終了した後、上腕動脈に留置されたシースより5Fr pigtailカテーテルを下行大動脈近位部に留置。そのままCT室に移動して370mg/ml濃度の造影剤 イオパミロン370 100mlをカテーテルより5ml/秒で注入し、CT撮像を行った。使用機器はPhilips社製16列 Multislice CT (Brilliance 16)。スライス厚 = 0.75mm, 撮影範囲 = Th7～L3レベル, ヘリカルピッチ = 0.666～0.875, ガントリ回転速度 = 0.75秒, 管電圧 = 120kV, 管電流 = 300～400mA, 画像収集FOV = 350mm, 再構成FOV = 180mmとした。

AKAを同定する際、前根髄静脈はAKAと似た形状を示しているため動脈と見誤ることが経験される。このためわれわれは頭→尾方向に連続2相の撮像を行うことで、動静脈鑑別の一助としている。すなわちAKAの診断はMPR像のページングによって特徴的なヘアピン

カーブ状の形態を示し、2相目で濃染が増強しないものとした (Fig. 2, 3)。大動脈との連続性については、ワークステーション上で作成したMPR斜冠状断像および元画像のページングにより、大動脈から連続的に追跡可能か否かで判断した。

結 果

全23例中21例 (91.3%)でAKAが同定できた。AKAが同定可能であった21例のうち、肋間動脈および大動脈との連続性が確認できたのは19例 (90.5%)であった。AKAは76%が左側に存在し、71%がTh9～Th12の間に存在した (Table 1)。IACTAでは大動脈内での造影剤の混和が不良であり、全例で造影剤が背側に偏在していた (Fig. 4)。撮像領域中央部のスライス (Th10～12レベル)での大動脈のCT値を計測したところ、IACTAでは平均937HUと、通常のIVCTAでの大動脈のCT値 (約300HU程度)と比べて高いCT値を示した。全例で検査に関連する合併症は認めなかった。

考 察

IACTAではAKAの高い描出能が得られ、AKAと大動脈との連続性の証明においてもIVCTAを用いた過去の報告に比べて良好な結果が得られており、AKAの同

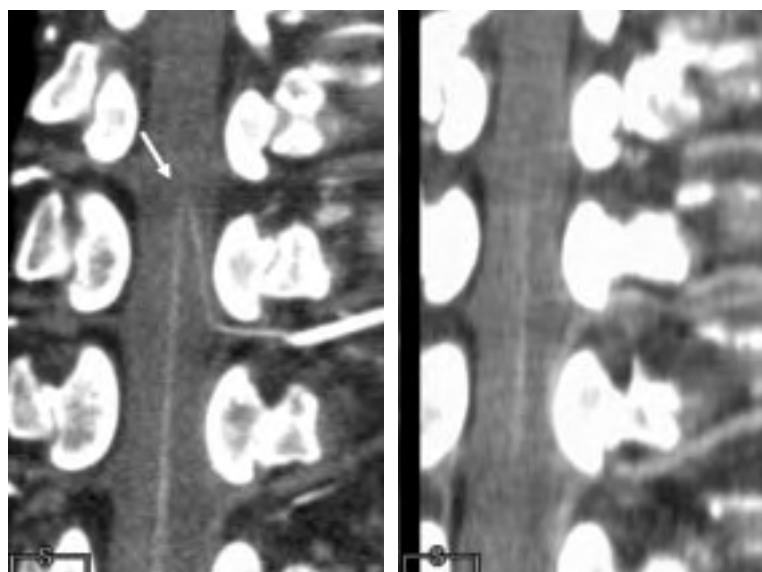


Figure 2 IACTA image obtained from a 68 year-old male with TAA.

A: Curved Planar Reformation (CPR) of the 1st phase shows hair-pin curved vessel continuous to intercostal artery is visualized (arrow).

B: On CPR image obtained from the 2nd phase in almost the same profile with that of the 1st phase, enhancement of this vessel decreased. This vessel was identified as the AKA.

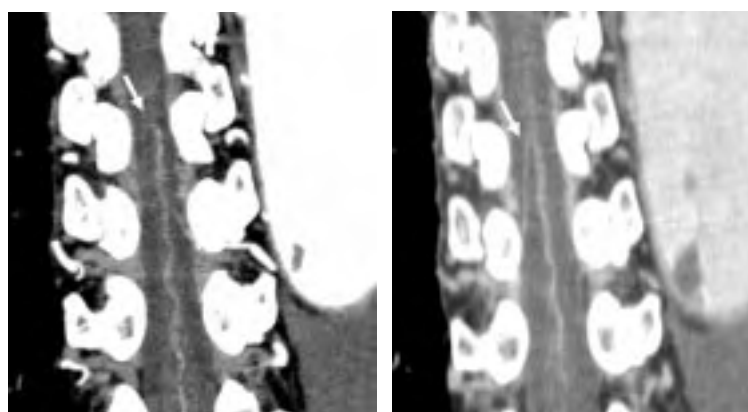


Figure 3 Oblique coronal IACTA image obtained from a 72 year-old male with TAA.

The 1st phase (A) and the 2nd phase image (B) show hair-pin curved vessel (arrows). The vessel is enhanced in strength in the 2nd phase than in the 1st phase, and had no connection with arteries. This vessel was regarded as radiculomedullary vein.

定において有用な方法であると考えられる(Table 2)。今回IACTAでAKAが同定できなかった例が23例中2例存在したが、この2例ではCTで同定可能な太いAKAが存在しなかった可能性がある。またAKAと診断されたが連続性は不明であった2例はいずれも椎体と血管との分離が困難で追跡不能と判断されたが、そのうち1例ではステントグラフト留置時に選択的肋間動脈造影が行われ、CTで指摘したものと同一レベルにAKAが存在し、肋間動脈からのつながりが証明された(Fig. 5)。

AKAの同定において、唯一確実な方法は選択的肋間動脈造影であるが、すべての肋間動脈および腰動脈の

選択的造影を行うのは手技が非常に煩雑であり、とくに大動脈瘤の患者では大動脈内に豊富なプラークを認めるケースが多く、カテーテル操作は危険を伴う。大動脈手術前にAKAの同定を目的として選択的肋間動脈造影を行った報告では、脊髄虚血を含むmajor complicationが1.2～4.6%に生じたとされている^{11,12)}。また成功率も43～86%と満足すべきものではなかった⁹⁻¹³⁾。IACTAはIVCTAやMRAと比べると侵襲的であるという問題点はあるが、胸部大動脈術前検査として行っている冠動脈造影、大動脈造影に合わせて施行しており、許容されるものと考えられる。またIACTAは選択的肋間動脈造影に比べると遙かに非侵襲的で、これまで検

Table1 Patient data and results of IACTA

Case	Age/Sex	Disease	AKA detection	Proof of continuity	Laterality and level
1	77/F	TAAA(d)	+	+	Right T9
2	73/M	TAAA	+	+	Left T7
3	65/M	TAAA(d)	+	+	Left L2
4	51/M	TAAA	+	+	Left T8
5	83/F	TAAA	+	+	Left T10
6	74/M	TAAA	+	+	Left T10
7	72/M	TAA	+	+	Left T10
8	35/F	TAA	+	+	Right T10
9	73/F	TAA	+	+	Left L2
10	59/M	TAA	+	—	Left T11
11	73/M	TAA	+	—	Left T10
12	73/M	TAAA(d)	+	+	Right T10
13	68/M	TAA	+	+	Left T10
14	67/M	TAA	+	+	Left T9
15	22/M	TAAA(d)	+	+	Right T10
16	79/M	TAA	+	+	Right T9
17	77/M	TAA	—	NA	NA
18	62/M	TAAA	+	+	Left T9
19	64/M	TAAA(d)	+	+	Left T8
20	70/M	TAAA(d)	—	NA	NA
21	72/M	TAA	+	+	Left T9
22	63/F	TAA	+	+	Left T11
23	66/F	TAAA(d)	+	+	Left T8

TAA: thoracic aortic aneurysm, TAAA: thoracoabdominal aortic aneurysm, (d): dissecting aneurysm, NA: not applicable



Figure 4 A: Oblique sagittal partial MIP image of IACTA obtained from a 73 year-old male with TAAA. Although contrast material is not mixed throughout the aorta, dorsal portion of the aorta and intercostal or lumbar arteries were strongly enhanced (more than 1,000HU). B: Oblique sagittal partial MIP image of IVCTA obtained from a 58 year-old male with TAAA. The aorta is enhanced homogeneously; however, intercostal or lumbar arteries (arrow) are poorly visualized in comparison with IACTA.

Table 2 Detection rates of the AKA using CTA

Method (references)	Detection rate	Confirmation rate	Detectors row	Phase	Scan duration	Injection rate (ml/sec)
IVCTA (20)	90% (63/70)	32% (20/63)	4	1	40s	3.5
IVCTA(19)	83% (25/30)	72% (18/25)	16	1	NA	3.5
IAC TA (present study)	90% (21/23)	91% (19/21)	16	2	25s	5.0

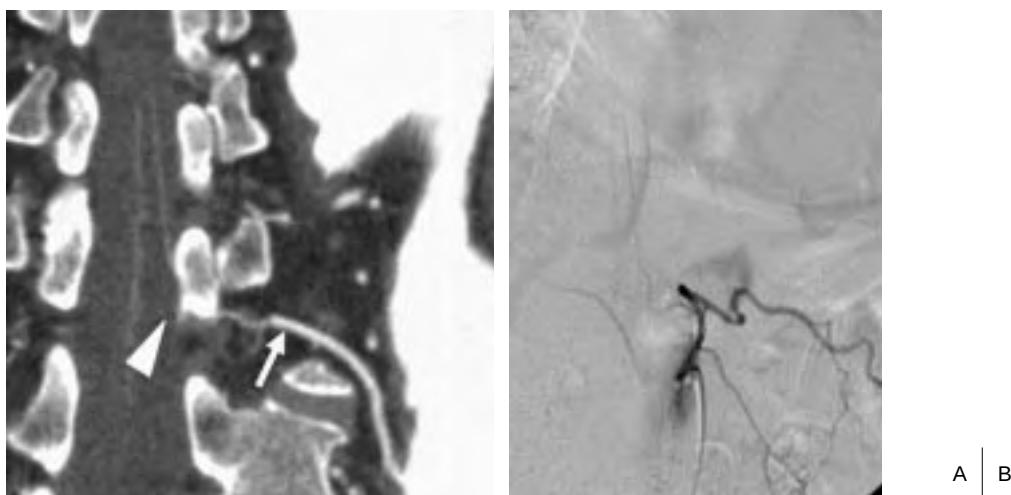


Figure 5 A 59 year-old-male with TAA.

A: CPR image obtained from IACTA. A hair-pin curved vessel ascending to mid-sagittal surface of spinal cord is shown and was diagnosed as the AKA, but continuity with left 11th intercostal artery (arrow) is disturbed by vertebral pedicle (arrowhead).

B: Selective angiography of Lt.11th intercostal artery demonstrates the AKA originating from 11th intercostal artery.

査に関連した合併症は経験しておらず、安全に施行可能であると考えている。血管造影に引き続いて造影CTを行うことで造影剤量が増加するという問題点があるため、低腎機能患者ではIVCTAを選択している。

AKAを術前に同定することにより手術時間が短縮したという報告¹⁷⁾や、術後脊髄障害が減少したという報告^{15, 16)}がなされているが、AKAの術前同定は脊髄障害の予防に関与しないとの報告もあり^{10, 12, 13)}、その有用性については評価が定まっていない。またCT, MRIを用いた非侵襲的なAKAの同定の試みは多数報告されているものの、その方法、診断基準もさまざまである。しかし外科医からのAKA術前同定のニーズは高く、少なくとも手術のplanningには大きく役立っていると言えよう。今後さらに多くの症例を重ね、AKA術前同定の意義を確立させる必要がある。

文 献

- 1) Cambria RP, Clouse WD, Davison JK et al: Thoracoabdominal aneurysm repair: results with 337 operations performed over a 15-year interval. *Ann Surg*, 2002, **236**: 471–479.
- 2) Estrera AL, Miller CC 3rd, Huynh TT et al: Neurologic outcome after thoracic and thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *Ann Thorac Surg*, 2001, **72**: 1225–1231.
- 3) Hollier LH, Money SR, Naslund TC et al: Risk of spinal cord dysfunction in patients undergoing thoracoabdominal aortic replacement. *Am J Surg*, 1992, **164**: 210–213.
- 4) Coselli JS, LeMaire SA, Miller CC 3rd et al: Mortality and paraplegia after thoracoabdominal aortic aneurysm repair: a risk factor analysis. *Ann Thorac Surg*, 2000, **69**: 409–414.
- 5) Safi HJ, Miller CC 3rd, Carr C et al: Importance of inter-

- costal artery reattachment during thoracoabdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 1998, **27**: 58–68.
- 6) Wan IY, Angelini GD, Bryan AJ et al: Prevention of spinal cord ischaemia during descending thoracic and thoracoabdominal aortic surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2001, **19**: 203–213.
- 7) Thron AK: Vascular anatomy of the spinal cord: neuroradiological investigations and clinical syndromes, vol 7. New York, Springer-Verlag, 1988, 3–65.
- 8) Ogino H, Sasaki H, Minatoya K et al: Combined use of adamkiewicz artery demonstration and motor-evoked potentials in descending and thoracoabdominal repair. *Ann Thorac Surg*, 2006, **82**: 592–596.
- 9) Heinemann MK, Brassel F, Herzog T et al: The role of spinal angiography in operations on the thoracic aorta: myth or reality? *Ann Thorac Surg*, 1998, **65**: 346–351.
- 10) Williams GM, Roseborough GS, Webb TH et al: Preoperative selective intercostal angiography in patients undergoing thoracoabdominal aneurysm repair. *J Vasc Surg*, 2004, **39**: 314–321.
- 11) Kieffer E, Fukui S, Chiras J et al: Spinal cord arteriography: a safe adjunct before descending thoracic or thoracoabdominal aortic aneurysmectomy. *J Vasc Surg*, 2002, **35**: 262–268.
- 12) Savader SJ, William GM, Trerotola SO et al: Preoperative spinal artery localization and its relationship to postoperative neurologic complications. *Radiology*, 1993, **189**: 165–171.
- 13) Minatoya K, Karck M, Hagl C et al: The impact of spinal angiography on the neurological outcome after surgery on the descending thoracic and thoracoabdominal aorta. *Ann Thorac Surg*, 2002, **74**: S1870–S1872.
- 14) Yamada N, Takamiya M, Kuribayashi S et al: MRA of the Adamkiewicz artery: a preoperative study for thoracic aortic aneurysm. *J Comput Assist Tomogr*, 2000, **24**: 362–368.
- 15) Hyodoh H, Kawaharada N, Akiba H et al: Usefulness of preoperative detection of artery of Adamkiewicz with dynamic contrast-enhanced MR angiography. *Radiology*, 2005, **236**: 1004–1009.
- 16) Kawaharada N, Morishita K, Hyodoh H et al: Magnetic resonance angiographic localization of the artery of Adamkiewicz for spinal cord blood supply. *Ann Thorac Surg*, 2004, **78**: 846–852.
- 17) Kawaharada N, Morishita K, Fukada J et al: Thoracoabdominal or descending aortic aneurysm repair after preoperative demonstration of the Adamkiewicz artery by magnetic resonance angiography. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2002, **21**: 970–974.
- 18) Yoshioka K, Niinuma H, Ohira A et al: MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: noninvasive preoperative assessment of thoracoabdominal aortic aneurysm. *Radiographics*, 2003, **23**: 1215–1225.
- 19) Yoshioka K, Niinuma H, Ehara S et al: MR angiography and CT angiography of the artery of Adamkiewicz: state of the art. *Radiographics*, 2006, **26**: S63–S73.
- 20) Takase K, Sawamura Y, Igarashi K et al: Demonstration of the artery of Adamkiewicz at multi-detector row helical CT. *Radiology*, 2002, **223**: 39–45.
- 21) Takase K, Akasaka J, Sawamura Y et al: Preoperative MDCT evaluation of the artery of Adamkiewicz and its origin. *J Comput Assist Tomogr*, 2006, **30**: 716–722.
- 22) Kudo K, Terae S, Asano T et al: Anterior spinal artery and artery of Adamkiewicz detected by using multi-detector row CT. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2003, **24**: 13–17.
- 23) 松本幸一, 加藤 明, 玉井 努 他: 大動脈造影下CTを用いたAdamkiewicz動脈およびその起始動脈の描出の試み. *日本医放会誌*, 2003, **63**: 93–97.

Usefulness of Intra-arterial Injected CT Angiography in Preoperative Detection of the Artery of Adamkiewicz

Kensuke Uotani,^{1,2} Naoaki Yamada,¹ Atsushi Kono,² Masakatsu Tsurusaki,² Ryota Kawasaki,² Takanori Taniguchi,² Masahiko Fujii,² Atsushi Kitagawa,³ Yutaka Okita,³ Hiroaki Naito,¹ and Kazuro Sugimura²

¹Department of Radiology, National Cardiovascular Center, Osaka, Japan

²Department of Radiology, Kobe University Graduate School of Medicine, Hyogo, Japan

³Department of Cardiovascular Surgery, Kobe University Graduate School of Medicine, Hyogo, Japan

Key words: the artery of Adamkiewicz, CT, IACTA, TAA, TAAA

Objective: To assess the usefulness of intra-arterial injected CTA (IACTA) in preoperative detection of the artery of Adamkiewicz (AKA).

Materials and Methods: Twenty-three patients with thoracic or thoracoabdominal aortic aneurysms underwent IACTA. All CTA images were obtained with a 16-detector row CT scanner. From a pig-tail catheter placed at the proximal portion of descending aorta, 100 mL of contrast material (370 mgI/mL) was injected at a rate of 5 mL/sec. Two datasets were reconstructed from two consecutive scans. Detection criteria of the AKA were defined as follows: (a) A characteristic hair-pin curved vessel ascending from intercostal foramen to the anterior midsagittal surface of the spine. (b) A vessel that fails to be enhanced in strength in the 2nd phase compared to the 1st phase. Continuity between the AKA and the aorta was confirmed when the vessel could be traced continuously by paging the oblique coronal MPR or original axial images.

Results: The AKA was identified in 21 of 23 patients (91.3%). Continuity between the AKA and the aorta was confirmed in 19 of the 21 vessels (90.5%).

Conclusions: IACTA showed high detection rate of the AKA, and verified the continuity from the aorta to the AKA. (J Jpn Coll Angiol, 2007, **47**: 511–517)