



Title	ヘリカルスキャンCT (HES-CT) によるCT-Angiographyの頸部動脈硬化性病変診断における有用性
Author(s)	野村, 昌代; 片田, 和廣; 安野, 泰史 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(12), p. 878-884
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/16280">https://hdl.handle.net/11094/16280</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# ヘリカルスキャンCT (HES-CT) によるCT-Angiographyの 頸部動脈硬化性病変診断における有用性

野村 昌代<sup>1)</sup> 片田 和廣<sup>2)</sup> 安野 泰史<sup>2)</sup> 小倉 祐子<sup>1)</sup> 竹下 元<sup>1)</sup>  
加藤 良一<sup>1)</sup> 大澤 宏之<sup>3)</sup> 山本 續子<sup>3)</sup> 神野 哲夫<sup>4)</sup> 古賀 佑彦<sup>1)</sup>

1) 藤田保健衛生大学医学部放射線科 2) 同衛生学部診療放射線技術学科  
3) 同医学部神経内科 4) 同医学部脳神経外科

## Clinical Usefulness of Helical-scanning CT for the Evaluation of Arteriosclerotic Carotid Lesions

Masayo Nomura<sup>1)</sup>, Kazuhiro Katada<sup>2)</sup>, Hirofumi Anno<sup>2)</sup>,  
Yuko Ogura<sup>1)</sup>, Gen Takeshita<sup>1)</sup>, Ryoichi Kato<sup>1)</sup>,  
Hiroyuki Osawa<sup>3)</sup>, Hiroko Yamamoto<sup>3)</sup>,  
Tetsuo Kanno<sup>4)</sup> and Sukehiko Koga<sup>1)</sup>

We examined arteriosclerotic carotid lesions in 76 patients using helical scanning CT (HES-CT), and evaluated the clinical usefulness of this method.

A high speed slip-ring X-ray CT system was used. Scanning of the neck was performed for a 30 second period following intravenous bolus injection of non-ionic contrast medium, while couch top movement was 2.0 mm/sec. Multiplanar reconstruction images (MPR-image) and 3-dimensional surface images (3D-image) were reconstructed from the continuous raw data. MPR-images offered axial, coronal and sagittal images in which the lesion could be seen from any direction, and 3D-images that could be freely rotated were obtained by using a track ball and monitor. Eighteen cases were also evaluated by conventional angiography.

Excellent HES-CT images were obtained in 73 cases, showing occlusion in 13, stenosis in 34, plaques without calcification in 15 and plaques with calcification in 74 vessels. A good correlation was obtained between HES-CT and angiogram in most cases, and in 6 cases, HES-CT was superior in the detection of stenosis, because it enabled us to observe the lesion from various directions.

These results suggested that HES-CT was a minimally invasive, useful diagnostic method for the evaluation of arteriosclerotic carotid disease.

Research Code No. : 508.1

Key words : Helical CT, Carotid artery, Arteriosclerosis

Received Jul. 25, 1994 ; revision accepted Dec. 14, 1994

- 1) Department of Radiology, Fujita Health University, School of Medicine
- 2) Fujita Health University, School of Hygiene
- 3) Department of Neurology, Fujita Health University, School of Medicine
- 4) Department of Neurosurgery, Fujita Health University, School of Medicine

## はじめに

従来、頸部血管系の検査にはセルジンガー法による血管造影(以下血管造影)、静注法によるDigital subtraction angiography(以下IVDSA)、Magnetic resonance angiography(以下MRA)、超音波断層法などが用いられてきた。これらの方法にはそれぞれの利点とともに侵襲性、再現性など、各検査法固有の問題点があることが知られている。CTの新しいスキャン方式であるヘリカルスキャンCT(以下HES-CT)は、管球の連続回転と患者寝台の定速移動により生体を螺旋状にスキャンする手法で、生体の三次元的計測データを連続的に採取することが可能となった<sup>1)-3)</sup>。今回、このHES-CTの利点を生かしてCTによる頸部頸動脈の低侵襲三次元的血管検査法(CT angiography)を開発した。まず、CT angiographyと血管造影を比較し、その有用性について検討し、続いて臨床応用を重ねたので、その結果を報告する。

## 方 法

使用したCT装置はスリップリングを装備したNutate-Rotate typeの第4世代高速CT装置TCT-900S(東芝製)である。撮影条件は、管電圧120~140kV、管電流100~200mA、テーブル移動速度1.5~2.0mm/秒、X線ビーム幅1.0~2.0mm、1回転スキャン時間1秒で、造影剤の注入と同期して第3/4頸椎を中心に30~38秒間の連続スキャンを行い、螺旋状の連続ボリュームデータを収集した。造影剤注入は以下の手法により行った。右肘静脈もしくは下肢静脈に20ゲージ以上の留置針を刺入し、濃度300mgI/mlの非イオン性ヨード造影剤55~95mlをインジェクターにより1.5~5ml/秒の速度で定速注入した。なお30~40mlを4~5ml/秒の速度で注入後、65mlを1.5~2ml/秒で注入する2相法も試みた(1相法:52症例, 2相法:24症例)。造影剤注入後からスキャン開始までの遅延時間は、10~45秒に設定した(Fig.1)。なお、検査時間中は原則として患者に呼吸停止をさせた。

上記方法により得られたraw dataから、補間再構成アルゴリズムを用いて1mm間隔で約60枚の再構成軸位断像を作成した<sup>9), 10)</sup>。補間再構成アルゴリズムは初期には360°補間法

を、1992年7月以降は対向ビーム補間法を使用した。得られた軸位断像から多断面変換(Multiplanar reconstruction, 以下MPR像)プログラムを用い、頸動脈分岐部の再構成縦断像を求め、トラックボールを用いてCRT上のリアルタイム表示により観察した。また、同一データから、TCT-900Sの三次元表面再構成プログラム(modified back-to-front法)による三次元血管像(以下3D像)を得た。一部症例においては、SUN SPARC2 workstation上にて動作する三次元再構成プログラム(X-tension)を用い、volume rendering法による高精細3D像を得、CT値ごとに色づけをするmultiple segmentationも用いて検討した。なお、3D像の解析に当たって、症例によっては動脈と重なった骨・頸静脈に対しドリリングプログラム、カッティングプログラムによる切削を施し観察した。

血管造影はセルジンガー法を用い、総頸動脈で濃度300mgI/mlの非イオン性ヨード造影剤を12ml使用し、原則として正側2方向の撮影を行った。

対象・検討項目

HES-CTと血管造影をほぼ同時期に18症例(脳梗塞症例10例, 一過性脳虚血発作(以下TIA)症例4例, その他4症例)に対して施行した。HES-CTと血管造影において内頸動脈閉塞, 80%以上(血管の長軸に対し垂直な断面, および狭窄部位の上下の連続性により判定)の血管狭窄, 血管壁不整(MPR像での壁在硬化巣), 石灰化を比較・検討した。

上記18症例を含む頸部血管性病変が疑われた76症例(152血管)にHES-CTを施行した。内訳は、脳梗塞症例34例, TIA症例26例, その他16症例(頸動脈雑音症例4例, 頸部腫瘤性病変症例2例, 脳内出血症例5例, アルツハイマー病など5例)である。検討項目は、MPR像における1)内頸動脈閉

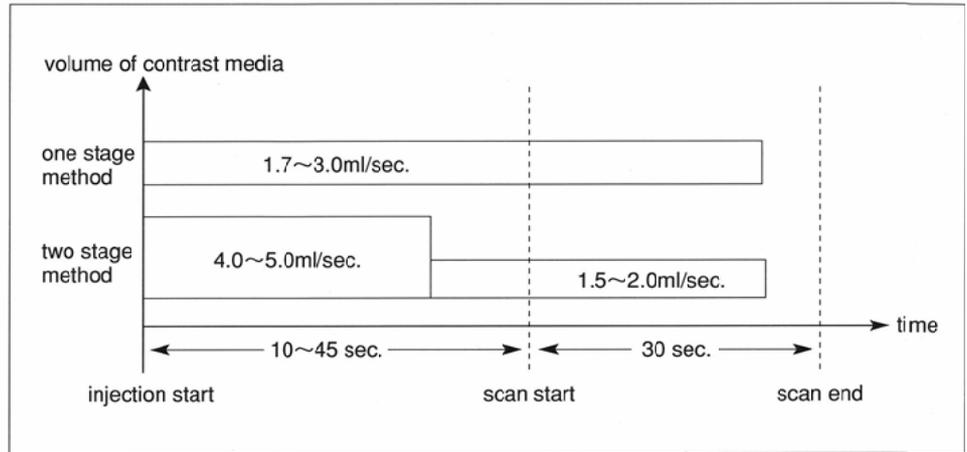


Fig.1 The method of injecting contrast media

塞, 2)80%以上(血管の長軸に対し垂直な断面, および狭窄部位の上下の連続性により判定)の血管狭窄, 3)石灰化を伴わない壁在硬化巣, 4)石灰化を伴う壁在硬化巣, 5)周囲組織と血管との関係の各所見, 3D像では1)内頸動脈閉塞, 2)80%以上の血管狭窄, 3)壁不整像, 4)壁膨隆像とした。

結 果

1. HES-CTと血管造影の比較・検討

HES-CTにより全18症例(36血管)で良好な血管像が得られた。HES-CTと血管造影の所見を比較した結果は、Table 1のごとくであった。23血管で両者の所見が一致していた。(Fig.2(A), (B), (C))。6血管においてはHES-CTで内頸動脈狭窄と診断されたが、血管造影では血管の狭窄所見が得られなかった。2血管ではHES-CTで80%以上の内頸動脈狭窄であったが、血管造影では壁不整像と診断された。HES-CTで壁在硬化巣が認められた13血管のうち、血管造影でも壁不整像が描出された血管は7血管であった。血管造影法で内頸動脈閉塞が見られたが、HES-CTでは内頸動脈狭窄所見が得られなかった1血管は、狭窄部位がHES-CTの撮影範囲外である内頸動脈海綿静脈洞部に存在した症例であった。HES-CTのMPR像において観察された動脈壁石灰化巣は、血管造影法では描出されなかった。

2. 76症例の臨床応用における検討

76症例中73症例において診断可能な画像が得られた。2症例においては、造影タイミングの不適切があり、うち1症例では3D像・MPR像ともに診断に耐え得る血管像が得られなかった(1症例では3D像での診断は困難であったがMPR像による診断は可能であった)。1例では患者の意識状態が悪く、体動による著明なアーチファクトを生じたため、MPR像・3D像ともに診断が不可能であった。診断可能な画像が得られた73症例中10症例では、画像中に比較的軽度のアーチファクトが観察された。この10例中、スキヤン中の呼吸停止が不十分であった6例において、頸静脈に拍動性の口径不整が観察された。同じく2症例で呼吸性の下顎運動、

Table 1 A comparison between HES-CT and conventional angiogram (vessels)

		conventional angiogram			
		100% stenosis	80% stenosis	irregularity of the wall	normal
HES-CT	100% stenosis	3	0	0	0
	80% stenosis	0	9	2	6
	irregularity of the wall	0	0	7	6
	normal	0	1	0	2

n : 18 cases

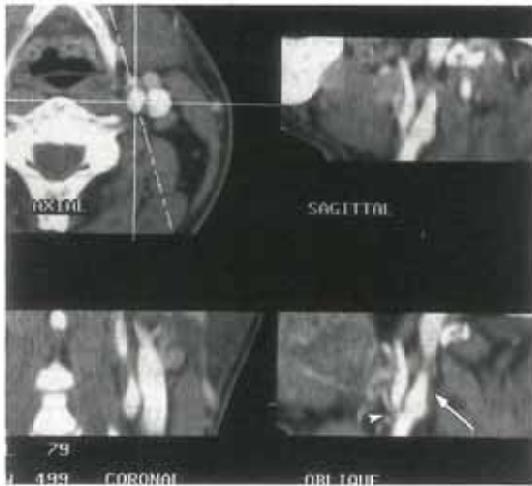
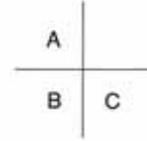
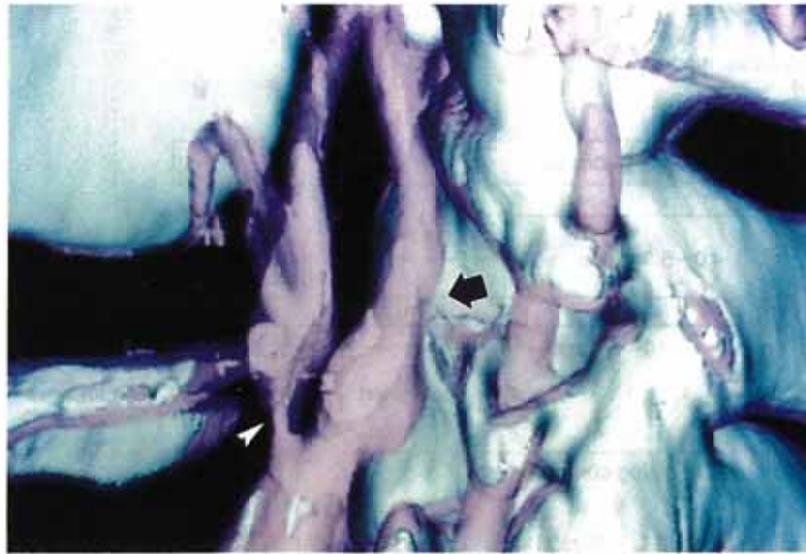


Fig.2 3D image (A) and MPR image (B) reveal apparent discontinuity in the proximal left internal carotid artery (arrows), and severe stenosis in the external carotid artery (arrowheads). (C) Lateral view of the selective carotid artery conventional angiogram. HES-CT shows excellent correlation with conventional angiogram, and detail of small arteries can be seen on both CT angiogram and conventional angiogram.

2症例には検査中の嚥下運動に起因するアーチファクトが観察された。動きによるアーチファクトは全構造物に帯状に出現するため、病変部との鑑別は容易であった。

#### (1) MPR像における検討結果

MPR像において、73症例・146血管中、完全閉塞(Fig.3)を13血管に、狭窄を34血管に認め、壁在硬化巣は低吸収域として描出され、石灰化を伴わない壁在硬化巣(Fig.4)を15血管に、石灰化を伴う壁在硬化巣(Fig.5)を74血管に認めた。完全閉塞例13血管中11血管では閉塞端に石灰化巣を伴っていた。うち1血管では、石灰化巣は閉塞端に加えて、閉塞端より10mm遠位部にも認められた。石灰化巣が認められた74血管において、72血管では石灰化巣は血管内腔に突出する形で存在し、2血管では、石灰化が頸動脈の外径よりも周辺に隆起する形で観察された。また21血管では、壁在硬化巣内部に微細な石灰化が認められた。内頸動脈閉塞の中で、1血管において閉塞端より末梢側に、約10mmの造影剤増強効果を持つ血管壁と思われる構造物の描出が認めら

れた(Fig.3)。その他の完全閉塞例では、閉塞端より末梢の血管壁の同定は困難であった。

#### (2) 3D像における検討結果

3D像における評価では、72症例144血管中、完全閉塞が15血管に、狭窄所見が25血管に、頸動脈の凹凸不整が58血管に認められた。3D像にて認められた頸動脈の凹凸はすべてMPR像にて壁在硬化巣として描出された。MPR像で検出された壁在硬化巣のうち微細なものは、3D像上での検出は困難であった。3D像において完全閉塞と判定された15血管中2血管では、MPR像において95%以上の高度狭窄と診断された。呼吸停止困難例における頸静脈の拍動性の口径不整は、3D像においてもMPR像と同様に観察された。しかし、MPR像にて認められた患者の体動による小さなアーチファクトは、3D像では不明瞭化する傾向が認められた。3D像を任意の方向から観察することで動脈の全体像が容易に把握できた(Fig.6(A), (B), (C), (D))。3D像における頸動脈の観察において、ときに頸静脈をはじめとする構造物を、

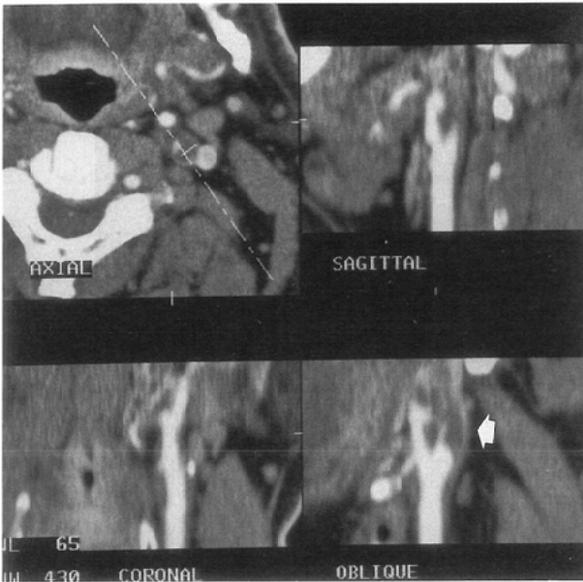


Fig.3 Occlusion of the left carotid artery and contrasted vessel wall in the distal portion of the occlusion can be seen.

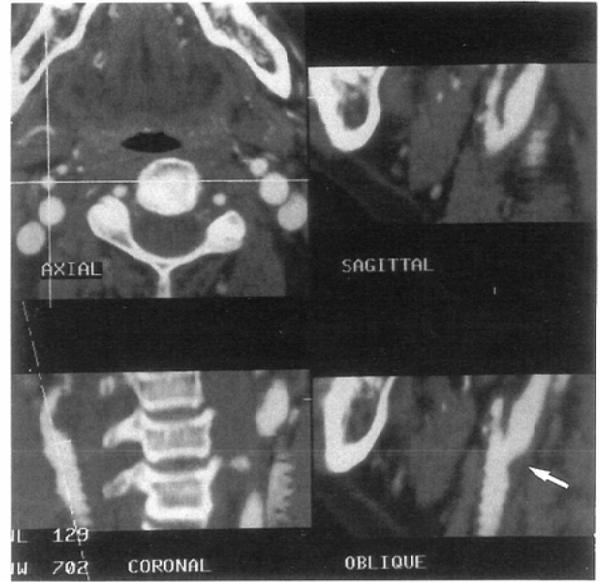


Fig.4 Plaque without calcification (white arrow) of the right common carotid artery.

ドリリングプログラム, カッティングプログラムにより削除する必要があったが, 症例によってはこれら動脈に接した構造物の除去が困難な例も存在した. また, 前述のmultiple segmentationにより血管内の造影剤と血管壁在石灰化の判別が可能であった(Fig.7, 8).

考 察

従来よりTIAやminor strokeなどの脳虚血性病変の原因として, 頸部頸動脈の動脈硬化性病変の重要性が指摘されてきた. これら頸部動脈硬化性病変の画像診断法としては, 主として血管造影が施行されてきた. また, スクリーニング検査法として, IV-DSA<sup>11), 12)</sup>, 超音波断層法・ドップラー法<sup>13)-16)</sup>, CT(従来法)<sup>17), 18)</sup>, MRA<sup>19)-23)</sup>などが用いられ, それぞれの有用性が報告されている. HES-CTは, 螺旋状連続スキャンにより, 生体データを立体的に計測するスキャン方法で, 検査時間が短いこと, データの体軸方向の連続性に優れることなどの特性を有している. われわれは, 1987年以来HES-CTの開発に携わり, 基礎的<sup>1)-9)</sup>・臨床的な検討を重ねてきた<sup>10), 24)-26)</sup>. HES-CTを造影検査に応用した場合, その短時間(30秒)撮影機能により, 造影剤排泄前である高血中濃度時相のデータ採取が可能となった. これにより, 比較的少量の造影剤投与で, 良好な造影効果を持つ画像を得ることができる. また, 得られたデータの優れた体軸方向連続性を利用し, 三次元的画像の再構築が可能である. これらHES-CTの特性を利用した新しい血管系の検査法として, CT angiographyの頸部動脈硬化性病変への応用を試みた.

まず, HES-CTと血管造影の比較では, 全18症例においてHES-CTで良好な血管像を得ることができた. 18血管中6血管において, HES-CTで認められた狭窄が血管造影上検出さ

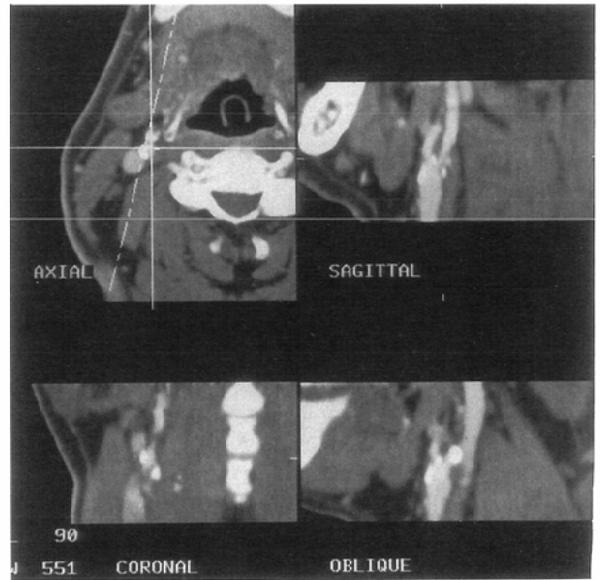


Fig.5 Right internal and external carotid arteries are stenosed. There are some plaques with calcification.

れなかった. これらの症例では剖検は得られていないが, 血管造影(DSAも含む)では, 撮影方向の制限から観察が正・側2方向に限られ, 病変と接線方向の像が得られなかったことによると考えられた. すなわち, 血管造影では撮影方向により検出率が左右されるのに対し, HES-CTにおいては, 1回の撮影データであらゆる角度からの血管の観察が可能で, 撮影方向に依存することなく診断が行えるため, 狭窄病変の検出に適していると思われた. さらにHES-CTが, 血管造影で診断困難な血管壁在硬化巣の検出において高い診断能を有していた点は, 今後の診断方針を考える上で非常に重要である. 血管造影で得られる狭窄・閉塞所見は, 病態論的には疾患の原因ではなく結果にすぎない. この点で, 疾患の本態である頸部動脈硬化性病変を直接画像化可能なHES-CTは, 狭窄発生以前の初期的病態をも捉える



Fig.6 81-year-old female. She had a pulsating mass above the clavicle on both sides. On 3D images, elongation of the carotid arteries are easily detected three-dimensionally.

ことが可能と考えられ、疾患の早期発見、予防の観点からも大きな意義を有している。すなわちHES-CTは、単に血管造影に比べて低侵襲であるばかりでなく、得られる情報量の観点においても優れていると考えられた。

76症例の臨床応用では、73症例(146血管)において診断に耐え得る血管像を得ることができた。MPR像においては、両側頸動脈の任意方向・任意断面における観察が可能で、閉塞・狭窄を高率・正確に診断可能であった。加えて、石灰化を伴う壁在硬化巣、石灰化を伴わない壁在硬化巣を検出し得る利点を有していた。頸動脈の動脈硬化性病変の病理は、まず動脈内膜に線維性肥厚と脂質の沈着が起り plaque が形成される。ついで、それらの plaque が癒合・拡大し、血管内膜の壊死・潰瘍形成を生じ、血栓が付着し、最終的に石灰化巣となる<sup>27), 28)</sup>。MPR像はこれら変化のうち石灰化を高吸収域、壊死・肥厚・脂質沈着を低吸収域として捉えることが可能で、動脈硬化性病変の検査としてきわめて有意義と考えられた。さらに、血管の長軸に垂直な断面

を作製することにより、血管内腔と壁在硬化巣・壁在石灰化巣との関係を明瞭に観察することが可能であったほか、正確な狭窄率の算定にも有用と考えられた。内頸動脈閉塞例中の1例において、閉塞部位より末梢に増強効果が認められた。この病態は明らかではないが、病変部血管の vaso-vasorum の発達による可能性もあり、今後の検討が必要と考えられた。3D像においては、トラックボールによりリアルタイムに回転させ、頸動脈をあらゆる方向から観察でき、病巣の検出に有用であった。また、動脈の全体像を容易に観察・把握可能なことも3D像の利点と考えられた。これらの利点は、Schwartz<sup>29)</sup>、Dillonら<sup>30)</sup>による報告と一致していた。3D像における問題点としては、石灰化病巣の弁別が時に困難なこと、2例において高度狭窄を完全閉塞と誤ったことが挙げられる。これらはいずれも閾値処理に起因する問題であるが、MPR像の併用により容易に解決可能であった。また、石灰化の分離はカラー表示による multiple segmentation の導入によってもある程度対応可能であった。今

回検討した3D像では、領域抽出後の平滑化処理により微小なアーチファクトや壁不整が不明瞭化し、検出されないという問題が認められた。この点に関しては、平滑化処理の軽減やMPR像の併用により改善可能と思われる。従来、HES-CTを用いたCT angiographyに関しては3D像の有用性が強調されているが<sup>(29)-31)</sup>、われわれの検討結果からはMPR像の有用性が非常に高く、3D像との併用が必須と考えられた<sup>(10), 24), 26)</sup>。

HES-CTによるCT angiographyの今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

第1に問題となるのは、撮影範囲の制限である。今回の検討では、動脈硬化性病変の頻度が高いとされる<sup>32)</sup>内外頸動脈分岐部を含む4.5~6.0cmを検査対象とした。しかし1血管においては、HES-CTにて異常は検出されず、血管造影においてHES-CTの撮影範囲外に病変が検出された。検査範囲の拡大を検討する必要がある。

第2に、HES-CTの画質的な問題がある。現在のHES-CTの空間分解能では、TIAの原因として非常に重要な頸動脈壁の微細な潰瘍や壁血栓の診断は困難である。今後、装置改良による分解能向上が期待される。

第3点は、症例により頸静脈などの重なりが頸動脈観察の妨げとなり得る点である。これに対し、各種のプログラムを利用して頸動脈を抽出しているが、完全に分離できない症例も存在する。対策としては、領域拡張法のいっそうの改善が望まれる。また、造影法の工夫により、頸静脈に造影剤が環流してくる以前に、動脈のデータを取得することも有効である。現在30秒を要しているスキャン時間をさらに短縮できれば、完全な動脈相におけるデータ取得が可能になると思われる。

第4番目の問題点として、患者の呼吸・動きによる各種アーチファクトの存在が挙げられる。症例によっては、呼吸運動に伴う胸腔内圧の変動により、頸静脈の径の大幅な変動が生じ得る。これにより隣接する頸動脈の位置変動を生ずる可能性もある。現在では検査中は極力呼吸停止を行っているが、症例によっては呼吸停止が困難な場合も少なくない。これらの観点からも検査時間の短縮が望まれる。

今回の検討結果から、HES-CTを利用したCT angiographyは、その低侵襲性、簡便性から、頸部動脈硬化性病変に対するスクリーニング、経過観察に有用と考えられた。また、その診断能の高さにおいて、従来の検査法にない利点を有していると考えられた。今後、手技・装置のいっそうの改良により、頸動脈の動脈硬化性疾患に対する第1選択の検査法となり得ると考える。



Fig.7 Right internal carotid artery is occluded with calcification (black arrow).



Fig.8 Left internal carotid artery is stenosed with some calcifications.

## 結 論

頸動脈病変に対し、HES-CTによるCT angiographyを施行し、76症例中73症例に良好な血管影を得ることができた。HES-CTにより低侵襲、短時間、比較的少量の造影剤で両側の頸部血管を観察することが可能であった。血管造影では、描出が困難であった壁硬化巣・壁石灰化巣を明瞭に描出することが可能で、動脈硬化性病変に対する検査法として有用であった。また検査手技が簡単で低侵襲であり、任意の断面を作成することにより恒常的な画像を得ることができるため、頸部血管病変の経過観察にも適していると考えられた。

## 文 献

- 1) Katada K, Anno H, Koga S, et al : Three-dimensional angiography with helical scanning CT. *Radiology* 177 (suppl): 364, 1990
- 2) Tujioka K, Katada K, Anno H, et al : Basic examination of helical scanning CT. *Radiology* 177 (suppl): 344, 1990
- 3) 片田和廣, 安野泰史, 辻岡勝美, 他 : CTヘリカルスキャンの有用性; 174例の臨床経験から. *メディカルレビュー* 42 : 8, 1991
- 4) 安野泰史, 片田和廣, 辻岡勝美, 他 : ヘリカルスキャンCTの基礎的研究; 体軸方向の空間分解能の評価. *日本医放会誌* 52 : 1540-1544, 1992
- 5) 片田和廣, 安野泰史, 辻岡勝美, 他 : ヘリカルスキャン方式のCT, 画像診断 12 : 114-120, 1992
- 6) 東木祐介, 荒館 博, 平尾芳樹 : X線CT・新撮影技術 : ヘリカルスキャン. *Innervision* 6 : 60-61, 1991
- 7) Moli I : Computerized tomographic apparatus utilizing a radiation source. US Pat 4630202, 1986
- 8) 東木祐介, 利府俊裕, 荒館 博, 他 : ヘリカルスキャンにおける補間再構成法の検討. *MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY* 8 : 253-254, 1990
- 9) 東木祐介, 片倉俊彦, 田仲 隆, 他 : ヘリカルスキャンの物理的特性. 木村和衛, 古賀佐彦監修 : ヘリカルスキャンの基礎と臨床. 110-140, 1993, 医療科学社, 東京
- 10) 片田和廣 : ヘリカルスキャンの臨床的有用性. 木村和衛, 古賀佐彦監修 : ヘリカルスキャンの基礎と臨床. 141-152, 1993, 医療科学社, 東京
- 11) Waugh JR, Sacharias N : Arteriographic complication in the DSA. *Radiology* 182 : 243-246, 1992
- 12) Grzyska U, Freitag J, Zeumer H : Selective cerebral intraarterial DSA ; complication rate and control of risk factors. *Neuroradiology* 32 : 296-299, 1990
- 13) Polak JF, Bajakian RL, O'Leary DH, et al : Detection of internal carotid artery stenosis ; comparison of MR angiography, color Doppler sonography, and arteriography. *Radiology* 182 : 35-40, 1992
- 14) Blackshear WM Jr, Phillips DJ, Thiele MB, et al : Detection of carotid occlusive disease by ultrasonic imaging and pulsed Doppler spectrum analysis. *Surgery* 86 : 698-706, 1979
- 15) Huston J, Lewis BD, Wiebers DO, et al : Carotid artery ; Prospective Blinded Comparison of Two-dimensional Time-of-flight MR Angiography with Conventional Angiography and Duplex US. *Radiology* 186 : 339-344, 1993
- 16) Anderson CM, Saloner D, Lee RE, et al : Assessment of carotid artery stenosis ; comparison with x-ray angiography and color-coded Doppler ultrasound. *AJNR* 13 : 989-1003, 1992
- 17) Heinz ER, Pizer SM, Fuchs H, et al : Examination of the extracranial carotid bifurcation by thin-section dynamic CT ; direct visualization of intimal atheroma in man (part 1). *AJNR* 5 : 355-359, 1984
- 18) Heinz ER, Fuchs J, Osbone D, et al : Examination of the extracranial carotid bifurcation by thin-section dynamic CT ; direct visualization of intimal atheroma in man (part 2). *AJNR* 5 : 361-366, 1984
- 19) Heiserman JE, Drayer BP, Fram EX, et al : Carotid artery stenosis ; clinical efficacy of two-dimensional time-of flight MR Angiography. *Radiology* 182 : 761-768, 1992
- 20) Litt AW, Eidelman EM, Pinto RS, et al : Diagnosis of carotid artery stenosis: comparison of 2DFT time-of-flight MR angiography with contrast angiography in 50 patients. *AJNR* 12 : 149-154, 1991
- 21) Edelman RR, Heinrich PM, Wallner B, et al : Extracranial carotid arteries ; evaluation with "black blood" MR angiography. *Radiology* 177 : 45-50, 1990
- 22) Masaryk TJ, Ross JS, Modic MT, et al : Carotid bifurcation ; MR imaging. *Radiology* 166 : 461-466, 1988
- 23) Anderson CM, Saloner D, Tsuruda JS, et al : Artifacts in maximum-intensity-projection display of MR angiograms. *AJR* 154 : 623-629, 1990
- 24) 小倉祐子, 片田和廣, 辻岡勝美, 他 : ヘリカルスキャンCT (HES-CT)による3次元血管造影法の頭部領域における臨床応用. 吉井信夫編 : 神経放射線学の進歩 4. 301-308, 1992, 日本医学館
- 25) 小倉祐子, 片田和廣, 安野泰史, 他 : 眼窩領域におけるヘリカルスキャンCT (HES-CT)の臨床応用について. *日本医放会誌* 53 : 180-187, 1993
- 26) 片田和廣, 竹下 元, 小倉祐子, 他 : ヘリカルスキャンによる3次元血管イメージング. 木村和衛, 古賀佐彦監修 : ヘリカルスキャンの基礎と臨床. 170-182, 1993, 医療科学社, 東京
- 27) 飯島宗一 : 動脈硬化症. *病理学各論* 107
- 28) 宇高不可思, 澤田秀幸, 亀山正邦 : 脳の動脈硬化症. *内科* 70 : 90, 1992
- 29) Richard BS, Kendall MJ, Daniel MC, et al : Connom Carotid Artery Bifurcation ; Evaluation with Spiral CT. work in progress 1. *Radiology* 185 : 513-519, 1992
- 30) Dillon EH, van Leeuwen MS, Fernandez MA, et al : CT Angiography ; Application to the Evaluation of Carotid Artery Stenosis. *Radiology* 189 : 211-219, 1993
- 31) Dillon EH, van Leeuwen MS, Fernandez MA, et al : Spilal CT Angiography ; a new noninvasive vascular imaging technique. *AJR* 160 : 1273-1278, 1993
- 32) Domenico D, Maurice H : The internal carotid artery. (In) Newton TH, Potts DG, eds : *Radiology of the skull and brain Angiography*. 1202-1245, 1974, The CV Mosby Company, Saint Louis, MediBooks