

頸部頸動脈狭窄症の外科的治療後における 16列マルチスライスCTの有用性

上山憲司、中川原譲二、山崎貴明、片岡丈人、中村博彦
中村記念病院 脳神経外科、財団法人北海道脳神経疾患研究所

An Utility of MDCT for Evaluation of Carotid Artery after CEA and CAS

Kenji KAMIYAMA, M.D., Jyoji NAKAGAWARA, M.D., Takaaki YAMAZAKI, M.D., Taketo KATAOKA, M.D.,
and Hirohiko NAKAMURA, M.D.

Department of Neurosurgery, Nakamura Memorial Hospital, Hokkaido Brain Research Foundation, Sapporo, Japan

Abstract:

3D-CTA by means of MDCT (multidetector-row CT) becomes an indispensable image along with a recent clinical application in the diagnosis of the cervical carotid artery stenosis and the evaluation. Then, we evaluated carotid artery after CEA (carotid endarterectomy) and CAS (carotid stenting) by using MDCT this time. Subjects were three patients, of whom one post-CEA and two post-CAS. As the evaluation of carotid artery after CEA, VR method and the MIP was evaluation almost equal to DSA. However, they are useless in patients with much calcification of the artery and post-CAS. For these cases, MPR or CPR method was able to be useful, and to evaluate in the artery enough.

Although it is insufficient to the measurement of the stenosis degree and evaluation of properties of the arterial wall, 3D-CTA by means of MDCT can become image diagnosis equipment that will take the place of DSA in the future.

Key words: CEA, CAS, multidetector-row CT, 3D-CTA, volume rendering, multiplaner reformation

はじめに

MRIはCTに比し組織間のコントラストがよく、頭頸部領域ではその有用性は確立している。また、血管を描出するMRAも脳ドックなどの普及により非侵襲性スクリーニング検査として頻用され、画像も鮮明になり3D画像などもルーチンに行われるようになってきた。一方、MRIに遅れをとったかのように思われるCTは、multidetector-row CT (MDCT) の臨床応用に伴いより一層の画像の質的向上が図られ、殊に頸動脈領域では

MRA以上の情報量があり、欠くことのできない画像情報となりつつある。今回われわれは、頸部頸動脈狭窄症での頸動脈内膜剥離術後や頸動脈ステント留置術後の血管評価に16列マルチスライスCTを用いてそれぞれの評価を行ったのでその結果を報告する。

対象および方法

対象としたのは、頸動脈内膜剥離術後1例と頸動脈ステント留置術後2例の合計3例である。それぞれに対し以

下の各種の画像構成を行い術後の評価を行った。

使用した機種は、SIEMENS SOMATOM Sensation 16で、2003年2月から当院で稼働している (Fig. 1)。CTAの撮影条件は、管電圧: 120kVp、管電流: 130 mA、スキャン時間: 0.5 秒/回転、検出器構成: 0.75mm×16、ピッチ: 6.0である。造影剤注入は、右上腕の正中静脈に20Gまたは22Gの留置針で静脈ラインを確保しbolus injectionを行う。本スキャン前に、1) 造影剤15ー20ccを使用しtest

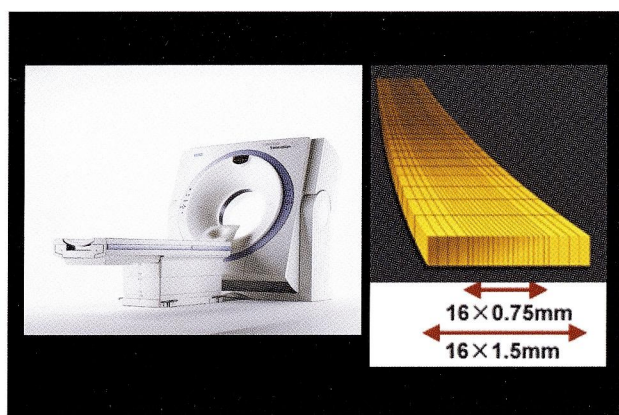


Fig. 1 左図: MDCT (SIEMENS SOMATION Sensation 16, SIEMENS, Germany)
右図: Detector

bolus injectionを行う。2) 造影剤のtime-density curveを描く。3) ピーク時間を算出し動脈と静脈の造影剤到達時間差を割り出す。4) この時間内に目標血管の撮影が終了するように設定する。また、注入開始時間と本スキャン開始時間のdelay timeなども算出している。造影剤注入条件はイオパミロン濃度: 370mgI/ml、注入量: 70ml、注入速度: 4.0ml/秒とした。画像再構成スライス厚は1.0 mm、再構成スライス間隔は0.4mmとしFOVは160mmである。画像再構成法として、MPR (multiplaner reformation)、CPR (curved planer reformation)、MIP (maximum intensity projection)、VR (volume rendering)、さらにVE (virtual endoscopy) を試みた。

結 果

① 症例1. 72歳男性 右頸部頸動脈内膜剥離術後

症候性頸部頸動脈狭窄症にて当院入院し、発症から2ヶ月目で同部位の内膜剥離術を施行した。VR画像をFig.

2に示す。術前VR (上段) では、下顎骨を取り除き第3頸椎椎体レベルに右頸動脈の高度狭窄が確認できる。各構造物の凹凸がはっきりしていて、構造物単位で淡く着

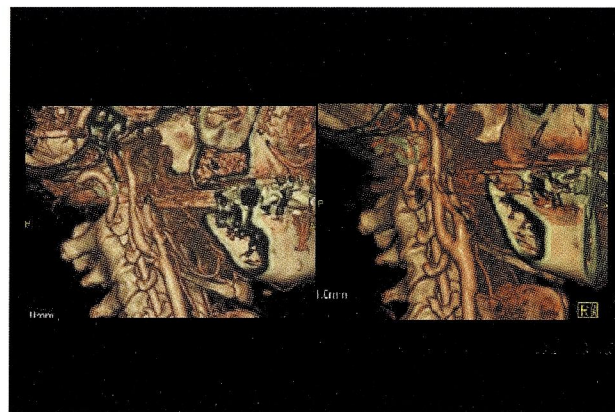


Fig. 2 症例1のVR画像 (上段: 術前、下段: 術後)

色も可能なため、解剖学的位置関係が理解しやすい。術後VR (下段) では、狭窄部が消失し十分な血管径が確保されていることが一見して確認できる。また、アテロームを摘出した際の近位端は、sharp edgeとしたがその部分には凹凸が確認でき、手術操作がその部位まで及んだことと同定可能である。Fig. 3に術前 (上段) 後 (下段) のMIP画像を示す。右側に比較のためDSAを提示す

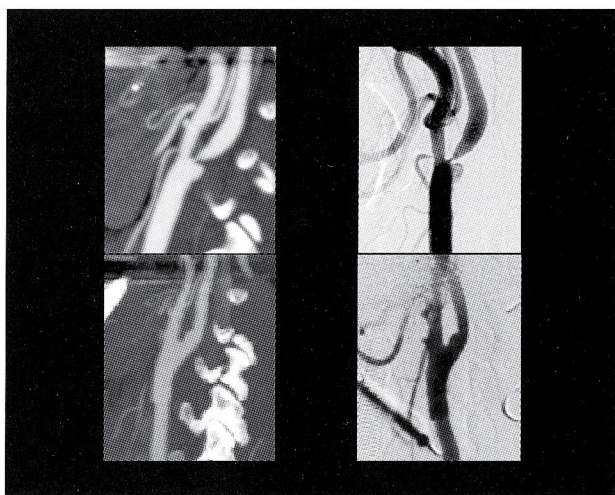


Fig. 3 症例1のMIPおよびDSA画像 (左上: 術前MIP、左下: 術後MIP、右上: 術前DSA、右下: 術後DSA)
狭窄度はMIP、DSAともほぼ同等に描出されている

る。DSAと比較しても、ほぼ同等の狭窄度の評価が可能である。Fig. 4はVE画像である。Fig. 3と同様に上段が術前で下段が術後である。通常はcomputer上で動画として利用しているが、ここではそれぞれ12枚の連続スライス画像を掲載した。術前のVEでは、狭窄部で内腔が狭小化している部分は確認できるが、狭窄部のアテロームの性状、付着血栓の状態など細かな情報には乏しい。術後のVEでは、術後十分な血管径が確保されていることは一見して把握できるが、術前同様、血管壁の情報に乏しい。

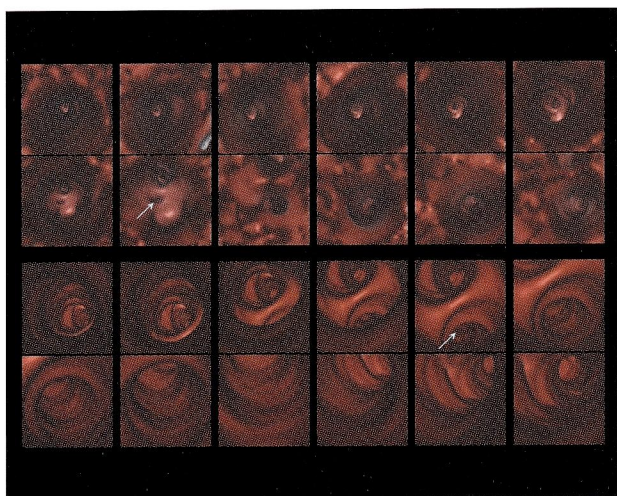


Fig. 4 症例1のVE画像（上段：術前、下段：術後）
頸部内頸動脈内膜剥離術後には、術前、頸部内頸動脈に認められた狭窄部が、術後VEでは改善していることが明瞭に描出されている（青色矢印で示す）

② 症例2. 65歳男性 左頸部頸動脈ステント留置術後

ステント留置術後1年を経過した後のMDCTによるCTA画像である。Fig. 5のVRでは、周囲の骨、軟部組織を取り除き、透過性のある画像の作成が可能である。ステントと頸動脈との立体的位置関係は把握しやすい。しかし、内腔の評価には不十分である。また、ステントの外側に淡くhigh densityで描出される石灰化が確認できるが、これもステントとの位置関係は不明である。Fig. 6はMIP画像であるが、石灰化の描出はVRより鮮明となったが、やはりVR同様に内腔の評価には不十分である。Fig. 7は連続したスライスを任意の断面で再表示する方法であるMPR画像である。Sagittal, Axial, Coronalの任意



Fig. 5 症例2のステント留置術後のVR画像
ステントと頸動脈との立体的位置関係は把握しやすいが、内腔の評価は不十分であり、ステントの外側に淡く描出されている石灰化領域とステントの位置関係も不明瞭である

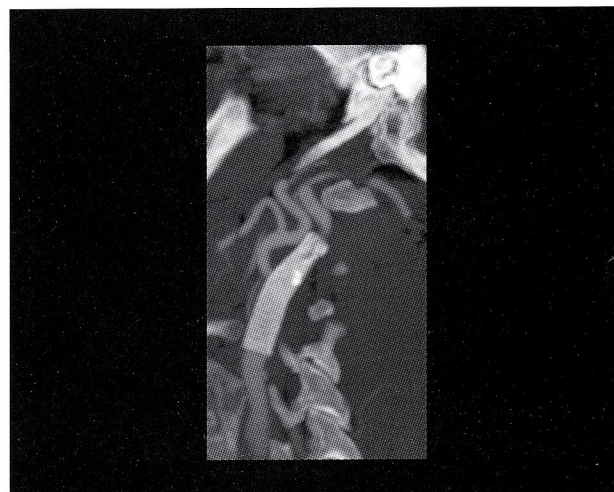


Fig. 6 症例2のステント留置術後のMIP画像
石灰化の描出はVRより鮮明となったが、内腔の評価には不十分である

の方向での断面画像が可能のため、ステント存在下でも内腔のpatencyの評価が可能である。また、一部の石灰化病変であればそれによるartifactもほとんどなく、ステントとの位置関係が明瞭となる。さらにこの手法は、Sagittal, Axial, Coronalの方向のみでなく、屈曲した血管ではその走行に沿っての断面化画像の再構成が可能で、特にこの方法をCPRという（Fig. 8）。MPRと同様、内腔のpatencyの評価に優れている。

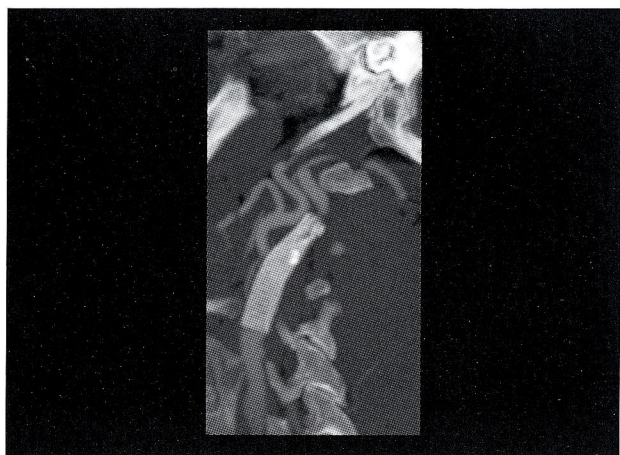


Fig. 7 症例2のステント留置術後のMPR画像（左：Sagittal、右：Axial）
ステント存在下でも内腔のpatencyの評価が可能であるとともに、石灰化領域とステントとの位置関係も明瞭に描出できる

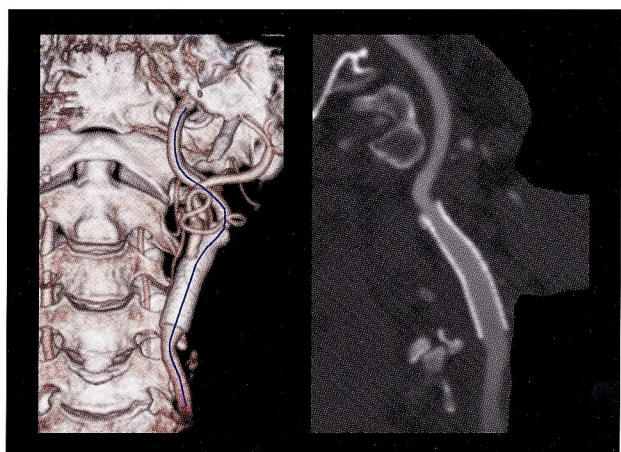


Fig. 8 症例2のステント留置術後のVR（左）とCPR（右）画像
屈曲した血管の走行に沿った断面化画像の再構成が可能である

③ 症例3. 74歳男性 左頸部頸動脈ステント留置術後

ステント留置後3年6ヶ月経過した症例である。非常に強い石灰化が存在し、VRでは先の結果と同様に、内腔の評価や解剖学的位置関係の把握に困難を生じる。MPR、CPR画像により内腔の評価が可能であり、石灰化、動脈壁ステントの位置関係が容易に把握できる (Fig. 9)。

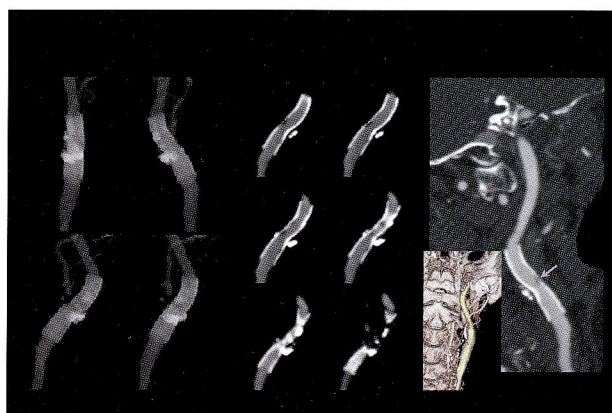


Fig. 9 症例3のステント留置術後のVR（左）、MPR（中）、CPR（右）画像
内腔の評価の関係は、VR < MPR < CPRであり、石灰化、動脈壁ステントの位置関係がCPR画像においてより容易に把握できる

考 察

頸部頸動脈狭窄症の狭窄度の測定方法は、様々な方法^{1), 2), 3)}が報告されているが、血管造影に基づく二次元的計測が前提となっている。

今回我々は、術前後の評価として3D-CTA特にMDCTにより評価を行ったが、3D-CTAは、動脈穿刺なしに血管系の描出が可能で、従来の血管造影に比べ侵襲度は低いものと考ええる。また、立体的描出も簡単に可能で、周囲の構造物との関係が十分理解しやすく、情報量の多い画像検査といえる。今後、術前の頸部頸動脈狭窄症に対する3DCTAがDSAに取って代わるかどうかは、再構成画像上で測定された狭窄度が、DSAと比べ遜色なく、きわめて近似的な狭窄度を示すエビデンスが証明されてからとは考えるが、術後の評価としては一回の撮影で多くの情報が得られ、十分有用であるように思われる。

一方、頸部頸動脈狭窄症のMRAに関しては、通常の撮影は2D time of flight法で撮影されるが、乱流により血流由来の信号が低下し、狭窄を過大評価する傾向がある。外科的治療の対象となるような高度狭窄例では、狭窄度の評価は難しいが、術後の評価としては侵襲性も低く、術後数日間のpatencyの評価などには有用であろう。殊に創部の問題があり頸部超音波撮影は術後数日間では施行を躊躇する傾向もあり、MRAはこの点において3DCTAよりも優れた検査法と考える。

さて、MDCTでの各種再構成画像についてであるが、VR法は、従来のsurface rendering (SR) 法に比べ、より質感のある柔軟性に富んだ三次元画像として描出可能である。SR法では、目的とする領域の閾値を設定し、その閾値の中で観察する方向から見て最初に存在するボクセルのみを表示する。ボクセルの内部情報はない。立体感をつけるため手前のものを明るくし奥のものを暗くして陰影処理を行う。一方、VR法は、各ボクセルがvolume情報を持ち、関心領域の不透明度の調節が自由に行えるようになっているので、表面を透視して物体内部の観察が可能となった。しかも、その不透明度に相応したcolor renderingも可能であり、これにより写実的に描写可能である。

VR法を用いた高度狭窄例の検討では、藤井らは sensitivity 92–100%、specificity 92–96%と高いと報告している⁴⁾。症例1では、DSAとMIP画像はきわめて近似的な狭窄度を示し、単純な（石灰化の少ない）狭窄例では、MIP画像はDSAとほぼ同等の狭窄率を示す可能性が高い。しかし、佐々木はCTAでは血管壁の石灰化を捉えることができるが、石灰化が高度な場合は狭窄度判定の支障となることがあり、石灰化が強い場合は、VR法やMIP画像は無効なのでMPRやCPR画像を作成すべきであると述べている⁵⁾。

MPR法とは、連続したスライスを任意の断面で再表示する方法である。CPRも同様であるが、MPRでは、屈曲した血管走行に沿った曲線的な軸面の選択が可能で、動脈硬化などにより血管の蛇行が強い症例では特に利用度が高いと考える。これらにより、ステント留置術後にVR法やMIP画像では得られなかった血管内腔の情報が容易に理解できるようになった。実際、著者が示した症例2、3のように、石灰化が強い症例ではVR法やMIP画像での狭窄度の評価は難しかったが、MPRやCPR画像を駆使すると簡単に内腔情報の観察が可能であった。さらに、ステント留置後の頸動脈の評価においても、VR法やMIP画像では血管内腔の情報が全く得られなかったが、この場合も強い石灰化症例と同様にMPRやCPR画像を利用することで血管内腔の評価が可能であった。

MDCTの発達により、頸動脈領域での情報は今まで以上に多量となり現在では不可欠な画像となりつつある。これまでDSAがgolden standardであったが、3D-CTAをgolden standardとして手術適応の決定に用いる施設も増

えているのではないかと考える。

今後多くの施設において検証が進み、3D-CTAとDSAとの比較検討試験結果が多数報告され、3D-CTAは、DSAと同等の狭窄率測定が可能であるという結論がでるのも時間の問題かもしれない。また、頸動脈内膜剥離術後やステント留置術後の評価としても、各種の再構成画像を駆使し大変有用であろう。しかし、現在の内膜剥離術やステント留置術は血管の狭窄度とアテロームプラークの性状などを考慮して外科的治療の適応を決定している。その意味からすると3D-CTAは、狭窄度やプラークの性状の正確な評価にはまだまだ必要十分とは言い難い検査であると認識せざるをえない。手術適応を決定する際は、いまだ他の検査法に主役を譲っている感がある。しかしながら、今後も症例を重ね3D-CTAの利点を有意義に活用して頸動脈狭窄病変の診断、評価に十分活用していきたい。

文 献

- 1) European Carotid surgery Trialist/Collaborative Group: Randomized trial of endarterectomy for recently symptomatic carotid stenosis: Final result of MRC European Carotid Surgery Trial (ECST). Lancet 351: 1379-1387, 1998
- 2) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators: Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. N Engl J Med 325: 445-453, 1991
- 3) PM Rothwell, RJ Gibson, J Slattery, RJ Sellar and CP Warlow: Equivalence of measurements of carotid stenosis. A comparison of three methods on 1001 angiograms. European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. Stroke 25: 2435-2439, 1994
- 4) 藤井進也, ほか: 頭部・頸部. 臨床画像18: 957-966, 2002
- 5) 佐々木真理: 脳神経系におけるマルチスライスCTの有用性と問題点. 断層映像研究会雑誌29: 88-94, 2002