症例報告

頸動脈ステント留置周術期に3次元立体超音波画像にて評価し得た1例

藤井本晴¹⁾ 松川東俊¹⁾ 山本大輔¹⁾ 村形 敦¹⁾ 篠田正樹¹⁾ 石川陵一¹⁾ 上村昭博²⁾¹⁾聖路加国際病院 脳神経外科, ²⁾聖路加国際病院 脳血管内治療チーム

Perioperative three-dimensional ultrasonographic assessment of carotid artery stenting : a case report

Motoharu FUJII¹⁾, Hidetoshi MATSUKAWA¹⁾, Daisuke YAMAMOTO¹⁾, Atsushi MURAKATA¹⁾, Masaki SHINODA¹⁾, Ryoichi ISHIKAWA¹⁾, Akihiro UEMURA²⁾¹⁾Department of Neurosurgery, St. Luke's International Hospital²⁾Neuroendovascular Surgery Team, St. Luke's International Hospital

We report an 84-year-old woman who underwent carotid artery stenting because of asymptomatic carotid artery stenosis. Perioperative monitoring by three-dimensional ultrasonography (US) revealed more than 80% stenosis in the right carotid artery. The patient initially had transient ischemic attacks manifested by dizziness and vertigo, and was diagnosed by carotid artery US at the brain dock. As intravascular treatment, carotid artery stenting was performed using the Angioguard XP filter protection device and Precise stent. Three-dimensional US and three-dimensional reconstruction of color Doppler sonography (CDS) enabled examination of carotid artery blood flow prior to surgery, as well as blood flow in the stent, and conditions of the grafted stent after surgery. Intravascular images, such as plaque shift or subacute thrombosis, were visualized in three spatial dimensions by a combination of three-dimensional US and standard two-dimensional US, indicating their benefit for the evaluation of intra-stent blood flow. On the other hand, two-dimensional US showed better performance in terms of plaque diagnosis, specifically for evaluation of the morphology and properties of plaques, than three-dimensional US. Further improvements in three-dimensional US including CDS systems are anticipated.

Key words : three-dimensional ultrasonography, color Doppler sonography, carotid artery stenting, carotid plaque, blood flow

1. はじめに

頸動脈狭窄症に対する超音波診断検査において、これまで2次元(2D)のBモードでの超音波断層画像が中心であり、その検査の主眼はプラーク診断にある^{4,10)}。最近では3Dでのプラーク診断も進みプラーク容積を計測することでその変化を観察する試みもなされている^{1,7)}。頸動脈ステント留置術(Carotid Artery Stenting, CAS)では術前の頸動脈プラーク診断はより重要となった。一方、神経放射線学的な画像の進歩により種々の検査機器において3D、4Dと画像の描出が試みられ、頸動脈超音波診断においても同様である^{5,8,9)}。2Dカラードプラー画像を3D構成することで血管撮影と同等な画像作成も試みられている¹²⁾。しかしその画像描出や集積の困難さ、検査手技の不安定性など未だ問題点も多い。今回、CAS周術期にリアルタイムに3D頸動脈カラー

ドプラー検査を施行し、脳血管撮影(digital subtraction angiography, DSA)と合せてCAS前後の頸動脈評価を試みた症例について3D画像の有用性と問題点を報告する。

2. 方 法

2D、3D超音波診断装置としてAPLIO XV(東芝社製)を使用し、リニアプローブ7.5MHzを用いた。まず2Dで頸動脈を描出可能な最適な部位を検索し、その上で画像をオートスキャンすることで3Dのvolume dataを収集した。保存されたvolume dataから3D画像の構築を行うことでCAS前後の3D頸動脈カラードプラー画像を描出した。画像のオートスキャン方法としては、Parallel scan(短軸像、体軸方向に連続scanする平行スキャン方法)とTilting scan(扇状に連続scanする扇状スキャン方法)のうち前者を中心に施行した。また3D画像表示法としては立体表示法(volume

Reprint request

藤井本晴 : 〒104-8560 東京都中央区明石町9-1 聖路加国際病院脳神経外科

Motoharu FUJII : Department of Neurosurgery, St. Luke's International Hospital, 9-1 Akashi-cho, Chuo-ku, Tokyo, 104-8560, Japan

[Received ; Feb. 15, 2010 ; Accepted : Apr. 30, 2010]

Figure 1 Evaluation of reconstruction accuracy of 3-dimensional color Doppler sonography compared with that of digital subtraction angiogram (DSA) in a patient with high-grade internal carotid artery (ICA) stenosis

A. DSA of the common carotid artery (CCA) before carotid artery stenting (CAS). The single asterisk denotes high-grade ICA stenosis. (ECA, external carotid artery)

B. Parallel scan, volume rendering (VR), color image: reconstructed color (red and blue) multi-intensity-projection of 3-dimensional image of carotid blood flow before CAS without fusion images. The open circle denotes plaque location of ICA stenosis. (ICV, inferior carotid vein)

C. Parallel scan, VR, fusion image: reconstruction of 3-dimensional color Doppler sonography of ICA before CAS. The double asterisk denotes a soft and thick atheromatous plaque.

rendering, VR) と多断面表示法 (multi planar reformatting, MPR) を用いて画像の表示を試み VR 法にて作成した。

3. 症 例

84 歳, 女性。

家族歴: 特記すべきことなし

既往歴: 高血圧症, 高脂血症にて加療中。

現病歴: めまい, ふらつきなどで一過性脳虚血発作を疑われ, 脳ドック検査を兼ねて施行された頸動脈超音波検査にて右内頸動脈の高度狭窄症を指摘され紹介された。頸動脈超音波検査では右内頸動脈に約 80% 以上の狭窄を認め, いわゆる無症候性頸動脈狭窄症であり, 患者側からの積極的な治療の希望もあり年齢や全身状態を考慮し頸動脈内膜剥離術ハイリスク群として CAS を施行することとした。術前より抗血小板剤 2 剤とスタチン製剤の服用を開始し, CAS は保険収載されている治療手技に準じて filter protection device の Angioguard XP (Cordis, Miami, FL, USA) と Precise ステント (Cordis, Miami, FL, USA) を用いて行った。術前に施行した 3D 頸動脈カラードプラー検査において 3D 頸動脈像を 2D 超音波断層像と画像を合成することでプラークによる狭窄像を DSA 像と同等な血流状態の画像として評価し得ることができた (Fig. 1)。CAS 後は同様に DSA 像と同等な 3D 頸動脈像を得て, 2D 超音波断層像と合わせてステント内血流状態, ステント留置状態, ステント内プラークシフトの有無などを立体的な血管像として評価が可能であった (Fig. 2)。つまり 2D カラードプラーを元に作成した 3D 画像では血管内腔を立体に描出でき, 3D-DSA と同様の画像情報を得ることができた。術前後で 3D 超音波検査を行うことで術前は頸動脈狭窄部位のプラークによる狭窄部血流を立体

的に捉えることができ, 病的所見の把握に有用であった。つまり術前プラーク診断として施行した 2D 超音波断層検査と 3D カラードプラー画像を組み合わせることでより解剖学的なイメージを作成できた。また術後においてもステント内血流の立体表示が可能であり, ステントの血管壁への密着程度と合せて立体的な血流状態の評価が可能であった。

4. 考 察

頸動脈狭窄症におけるプラーク診断として 2D 超音波断層検査の重要性については周知の通りである。2D 超音波検査での画像描出方法には B モードをはじめ, カラードプラー, パワードプラー, B-flow などが広く利用され, プラーク診断や狭窄部血流の評価が行われている^{3,4,5,12)}。

一方 2D カラードプラー検査を元に作成した 3D 超音波画像では血流を立体的に表示し解剖学的な構造を視覚的に容易に把握することが可能となった。同時に B モードでの静的な 2D 超音波断層画像との組み合わせでプラークの性状と 3D カラードプラー画像での動的な立体的な血流状態という画像により狭窄部の病態がより把握し易い画像となった。さらに 3D 超音波画像でも経時的に立体的な観察が可能であり, 拍動に伴うプラークや血管壁の立体的な動きを任意の方向から観察できるという特徴もある⁷⁾。また潰瘍病変についても陥没の深さと血流の変化を 3D 超音波画像で描出することも可能である。ただし, フリーハンドでのプローベの移動や血管の拍動によるアーチファクトにより 3D 画像の再構成に困難さや歪みが生じるため, 2D 画像と比較してやや解像度が劣りプラーク診断として利用するには不向きな面もある。また潰瘍そのものが小さい場合には 3D 画像の描出に困難が生じる場合もあるとされる⁹⁾。3D 画像の作成にあたり

Figure 2 Evaluation of reconstruction accuracy of 3-dimensional color Doppler sonography compared with that of digital subtraction angiogram after carotid artery stenting (CAS) in the same patient as in Fig. 1

A. DSA of the common carotid artery (CCA) after CAS. The *single asterisk* denotes a reduction of high-grade internal carotid artery (ICA) stenosis after CAS (ECA, external carotid artery).

B. Parallel scan, volume rendering (VR), color image: reconstructed color (red and blue) multi-intensity-projection of 3-dimensional image of carotid blood flow after CAS without fusion images. The *open circle* denotes a reduction of ICA stenosis. (ICV, inferior carotid vein)

C. Parallel scan, VR, fusion image: reconstruction of 3-dimensional color Doppler sonography of ICA after CAS. The *double asterisk* denotes the plaque compressed and dilated by the stent.

volume data の集積に時間的な問題を指摘する報告もあるが、昨今の医療機器の進歩により 3D 超音波画像でも頸動脈狭窄の評価として立体的なブラーク量としての計測が可能となり内科的な治療効果も評価できるようになってきた^{1,6,7,9)}。

今回の 3D 超音波画像はプラーク診断が主眼ではないが、CAS 前後の狭窄部位の血流状態、術後のステントと血管壁との状態、ステント内プラークシフトや亜急性血栓 (subacute thrombosis, SAT) 形成の有無などを視覚的、立体的に従来の 2D 超音波断層画像と合せて検討することで CAS 周術期の観察がより詳細にできるようになり、合併症の併発を低減できるのではないかと考えられた。実際、Bucek ら²⁾、Wessels ら¹²⁾は 2D カラー Doppler 画像を元に 3D カラー Doppler 画像を作成し、血管撮影所見とよく相関した情報が得られたことを報告し、久門ら⁶⁾も同様にカラー Doppler を含めた 3D 超音波画像が血管撮影と同程度に狭窄病変の全体像を把握することができたと述べている。Bucek らの結果からも 3D 超音波画像の普及により血管撮影のように造影剤を使用することもなく、ベッドサイドで継続的に検査が可能であり、他の侵襲的な検査と比較して検査時間も短く、その他 MR アンジオグラフィーや CT アンジオグラフィーに比べてコストも安いなどが利点であるとしている^{2,6)}。これらは最終的に患者さんへの負担軽減、リスクの低減に繋がることが最大の利点と思われる。

血管内エコー (intravascular ultrasound, IVUS) は、CAS 時に血管の断面像やプラークの性状を把握し、正常と狭窄部位の血管径を正確に計測できるなどの利点がある。IVUS はステント留置後の血管壁への密着の程度や拡がり具合を、またステント網目からのプラークの逸脱などを検索する目

的で有用である。また CAS 治療の前後で IVUS を用いてプラーク組織の性状を評価する virtual histology IVUS™ (VH-IVUS) もすでに治療に応用されている¹¹⁾。Precise ステントが open-cell タイプというステントである特殊性から過度な後拡張を控える傾向になり、代わってステント留置後の SAT に代表される血栓性塞栓症の合併症の予防が重要となってきた。したがって CAS 術後の 3D 超音波画像と 2D 超音波断層画像を組み合わせることで、ステント内血流状態を立体的な画像として作成し SAT などのステント内変化を視覚的に把握することが重要である。ただし音響陰影による血管の描出が困難となり 3D 画像の構築に問題が生じる場合があるが、これは 2D 超音波画像でも同様な問題で超音波検査上の限界の一つである。このような場合にはパルス Doppler 法を用いてステント内血流状態の検討を行うことが重要である。

3D 超音波画像の血管系の表示法では、VR 法と MPR 法が有用とされる^{5,9)}。今回の検査の主眼はステント留置前後の血流状態の評価であり、立体的な画像表示をする上では VR 法が有用と考えられた。一方、プラークや潰瘍病変の 3D 超音波画像の表示では MPR 法が有用と報告されている⁵⁾。これらの表示法は、1 回のみの scan で 3D 表示できる検査手技ではないが、視覚的なインパクトで立体的なイメージを作成し病態把握を容易にするという点で有用と考えられた。

今後益々検査機器の進歩、改良が図られることで簡便に短時間のうちに 3D 超音波画像の作成ができることで、より有用な検査機器となり広く頸動脈病変に利用される機会が増えることが期待される。

文 献

- 1) Ainsworth CD, Blake CC, Tamayo A, Beletsky V, Fenster A, Spence JD : 3D Ultrasound Measurement of Change in Carotid Plaque Volume A Tool for Rapid Evaluation of New Therapies. *Stroke* 35 : 1904-1909, 2005
- 2) Bucek RA, Reiter M, Dirisamer A, Haumer M, Fritz A, Minar E, Lammer J : Three-Dimensional Color Doppler Sonography in Carotid Artery Stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 24 : 1294-1299, 2003
- 3) 橋本 浩 : モダリティの到達点と将来展望 超音波装置. 特集 画像診断 2003 到達点と将来展望 *LPharma Medica* 21 : 35-40, 2003
- 4) 河野智之, 大槻俊輔, 郡山達男, 松本昌泰 : 特集 頸動脈エコーを臨床に活かす. 頸動脈エコーと脳血管障害の関連性をみる. *Vascular Medicine* 5, 32-39, 2009
- 5) 久米伸治, 日比野誠一郎, 小林益樹, 金澤潤一, 島 健, 西田正博, 山根冠児, 三原千恵, 平松和嗣久, 豊田章宏 : 頸動脈閉塞病変における 3 次元超音波検査の有用性. *Neurosonology* 17 : 5-9, 2004
- 6) 久門良明, 渡邊英昭, 大西丘倫, 貞本和彦 : 頸動脈狭窄症例に対する 4 次元エコーシステムの使用経験. *Neurosonology* 21 : 30-34, 2008
- 7) Landry A, Spence JD, Fenster A : Measurement of Carotid Plaque Volume by 3-Dimensional Ultrasound. *Stroke* 35 : 864-869, 2004
- 8) 水野昌宣, 森潔史, 大庭英樹, 金正門, 寺山靖夫 : フルバスタチン投与後に頸動脈プラークの退縮を認めた 1 症例—3 次元超音波検査による評価—. *Neurosonology* 21 : 123-126, 2008
- 9) 中岡 勤, 莊司英彦, 池嶋弘晃, 岡田哲哉, 伊藤健次郎 : 特集 ここまできた 3D エコー 3D エコーの現状と展望 3. 血管領域での 3D エコー—頭蓋内と頸動脈プラークの volume data をもとにした 3D 画像を中心に. *Medical Technology* 36 : 575-582, 2008
- 10) 佐藤 洋 : 特集 1 超音波画像診断 血管疾患に超音波検査をいかに活用するか. 映像情報 *Medical* 38 : 601-606, 2006
- 11) 玉川紀之, 酒井秀樹, 西村康明 : 頸動脈ステント留置術後の再狭窄進行の予知—virtual histology IVUS を用いた評価—. *JNET* 2 : 193-200, 2008
- 12) Wessels T, Harrer JU, Stetter S, Mull M, Klotzsch C : Three-Dimensional Assessment of Extracranial Doppler Sonography in Carotid Artery Stenosis Compared With Digital Subtraction Angiography *Stroke* 35 : 1847-1851, 2004