

技 術

仮想 MR 内視鏡画像法を用いた脳槽内構造物の描出

真壁 武司 中村麻名美 守山 亮
 丹羽 潤 橋本 祐治 原口 浩一
 金 相年

Virtual MR Endoscopic Imaging of the Intracisternal Structures

Takeshi MAKABE, Manami NAKAMURA, Ryo MORIYAMA,
 Jun NIWA, Yuji HASHIMOTO, Koichi HARAGUCHI,
 Sounen KIN

Key words: MRI Virtual endoscopy CSF space
 Cranial nerves Cerebral vessels

はじめに

近年, 画像診断装置の進歩により精密な3次元画像が得られ, 非侵襲的に術前のシミュレーションが可能となった。その方法のひとつとして仮想内視鏡画像法¹⁾²⁾³⁾(Virtual endoscopy: 以下VE法)がある。VE法は3次元画像データを用いて管腔臓器を管内部から観察する方法で気管支や胃, 大腸等ではすでに臨床例が多数報告されている⁴⁾⁵⁾。通常, VE法はCT画像を用いて管腔臓器の管内にある空気と周囲組織とのコントラストの違いを利用し画像化している。一方, 頭部では脳槽内の脳脊髄液(以下CSF)と脳実質及び骨を利用することになるが, CTではアーチファクトが多いことと組織コントラストが十分に得ることができないためMRIを用いて3次元データを収集しVE画像を得ている。

今回, 脳神経外科領域で術前支援や解剖学的な理解のため利用可能な内視鏡的画像を得る目的で脳槽内から周辺組織を観察することを試みた。

方 法

使用装置は, MAGNETOM Symphony 1.5T(SIE-MENS)でヘッドアレイコイルを用いて撮像した。撮像シーケンスは, 脳脊髄液の信号を高信号に強調するためにheavy T2強調画像が撮像できるconstructive in-

terference in steady state(CISS)⁶⁾による3次元(3D)データ収集法を用いた。3D-CISSは, TR11.42msec, TE5.71msec, 加算回数1回, Flip角70度, FOV180mm, マトリックスサイズ256×256(interpolation付加), スラブ分割数72, 実効スライス厚1mm, 面積分解能0.7mm×0.7mm, 撮像時間6分7秒である。

仮想内視鏡画像は, 得られた元画像を3Dワークステーション(3D-WS)のAdvantage workstation ver.3.1(GE横河メディカル)に転送し, ポリウムレンダリング法⁷⁾の一つであるNavigatorモード⁸⁾によって処理しVE画像として出力した。Navigatorモードには, しきい値以上のボクセルデータを表示させる「Black in white」としきい値以下のボクセルデータを表示させる「White in black」の基本方法があるが, 今回は脳脊髄液を高信号に描出しているため周辺組織より高い信号領域をナビゲートすることになるので「White in black」を用いて, 周辺が適切に観察できるしきい値のもとで画像処理を行った。また, 今回使用したワークステーションはナビゲートする視野の大きさを開口角度として変更できるため, 場所によりズーム像として観察する場合は角度を小さくし, 広角に表示したい場合は開口角度を大きく設定した。

結 果

図1(a)に3D-CISSによる内耳及び顔面神経周辺を描出した元画像を示す。図1(b)は, 図1(a)と同じスラ

*市立函館病院 中央放射線部

*市立函館病院 脳神経外科

イス位置において画像を白黒反転して出力したものである。図1(c)は、VE法で血管と神経が接している立体構造が把握できる。図2(a)は、三叉神経と前下小脳動脈が接している部分での3D-CISS元画像である。また、図2(b)はVE法にて描出した画像で右三叉神経に錐体

静脈が接している。図3(a)は、脳幹部の3D-CISS元画像で、図3(b)は右側方より観察するように描出したVE画像である。右側の動眼神経に後大脳動脈が接している様子が把握できる。

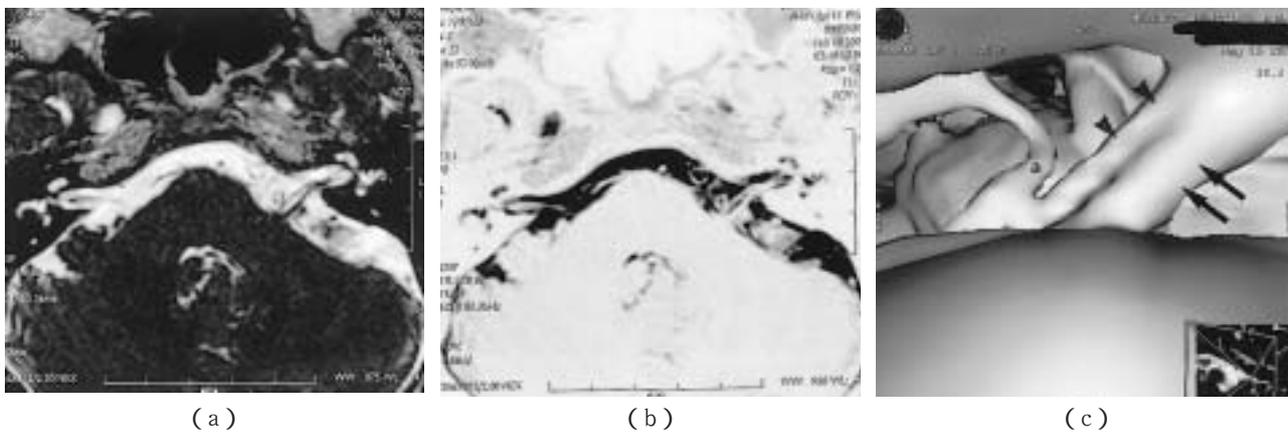


図1 内耳道周辺の3D-CISS法によるheavyT2強調画像
(a) 通常表示 (b) 白黒反転表示 (c) VE画像 a: 後下小脳動脈, 矢印: 内耳神経, 矢頭: 顔面神経

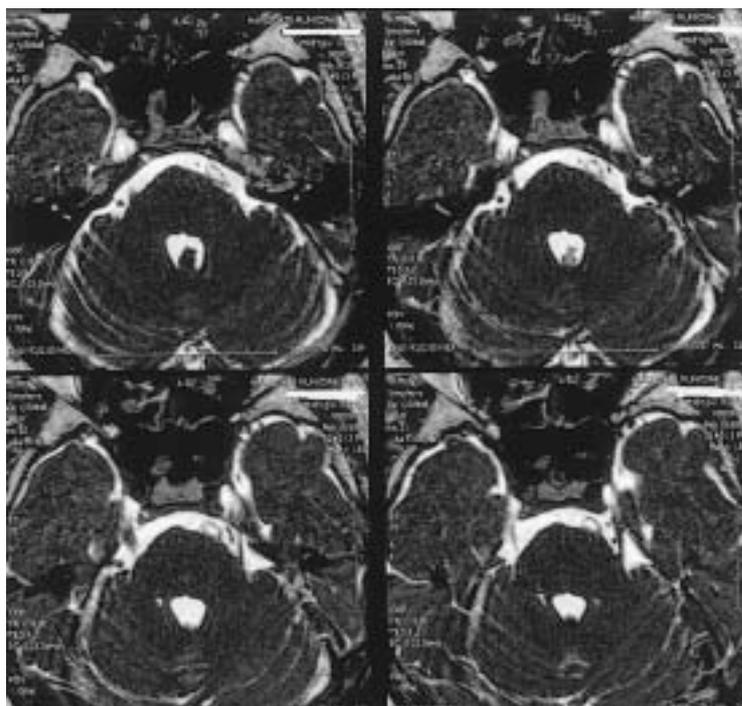


図2(a) 三叉神経付近の3D-CISS元画像

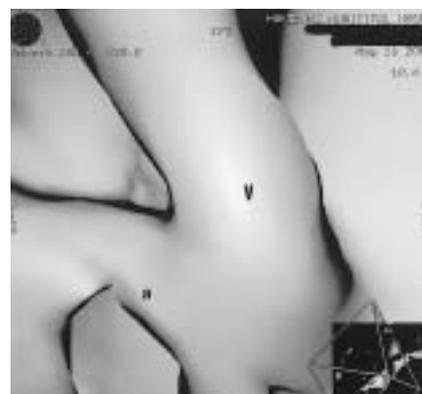


図2(b) 右三叉神経付近のVE画像
a: 前下小脳動脈, V: 三叉神経

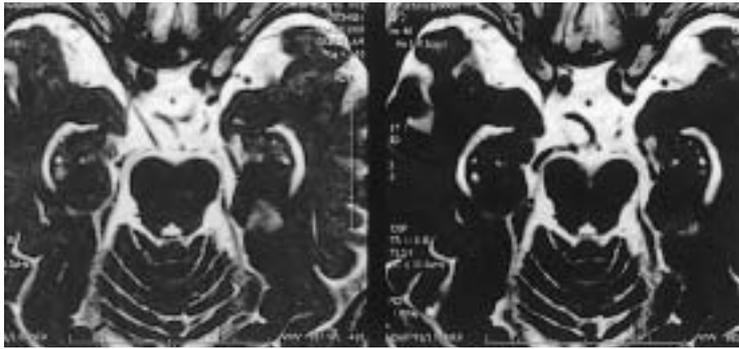


図3(a) 動眼神経付近の3D-CISS元画像

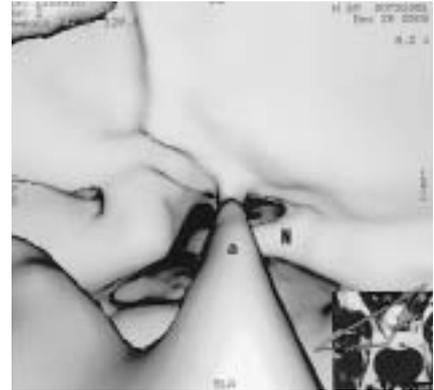


図3(b) 右動眼神経付近のVE画像

a: 後大脳動脈, N: 動眼神経

考 察

近年、様々な分野で3次元画像の応用が盛んに行われており、血管描出に関してはサーフェスレンダリング(SSD)法による病変部位の描出が技術的に確立されている。⁹⁾しかし、脳神経の描出に関しては対象が小さすぎるため3次元撮像によるthin slice撮像にとどまり3次元による立体表示まで確立されていないのが現状である。我々は以前MRIを用いることで、すべての脳神経の描出は可能であったと報告している¹⁰⁾。従って今回は、2次元画像として描出されているものをどのような方法で立体的感ある画像に描出できるのかが課題である。2次元画像で表示方法を白黒反転ただけで立体感ある画像が得られるが、神経の連続性は捕らえることはできず画像データすべてを反映させる3次元表示法が必要であると考えた。

3次元立体表示の代表的な方法としてポリウムレンダリング法(VR法)があるが、この方法は目的とする部位のしきい値がある程度高く他の組織との分離ができなくてはならない。また、CTで多く利用され造影剤を用いて組織コントラストをつけることで画像化している。今回は、MRIで造影剤を用いず脳神経を表示するためにHeavy T2強調画像によりCSFと脳神経の信号に差をつけるように撮像した。これによって、脳神経は低信号にCSFは高信号に描出される。しかし、通常VR法では目的とする部位がMRでは高信号、CTでは高CT値を示していなければならず、このままではコントラストの差は十分あるがVR画像として表現できない。そこで、我々はVR法の応用であるVE法を用いることにした。VE法の応用により、CTでは肺野領域で気管支内を描出するため空気と周囲組織のCT値を限定し、あたかも内視鏡で観察するように画像化された。MRのHeavy T2強調画像による脳神経の画像は、前述の肺CTとは逆のコントラストを示しておりVE法においても逆のコント

ラスト表示による描出ができれば内視鏡的に脳神経も描出可能であると考えた。これは、我々が使用している3D-WSのソフトウェアでしきい値以下のボクセルデータを表示させる「White in black」という手法により周囲が低コントラストの場合でも内視鏡画像として表現が可能である。但し、この方法は一定のしきい値を設けるため設定値によっては表現できない部分も生じてくる可能性がある。

今回の結果に示したように比較的太い神経と周囲の血管は描出することはできたが、細い神経や同じ神経孔を通る2本の神経は分離描出できなかった。これは元画像である3D-CISSの画像が実効スライス厚1mmであるため1mm以下の細かい神経が表現できていないことが原因として挙げられる。また、単一コントラストであるため神経と血管の区別をつけることができないことも原因である。血管と神経に関しては解剖学的な走行を熟知していれば表現可能と思われるが、単一しきい値では分離までは困難な場合がある。従って、今回用いた3D-CISSによるVE法を用いた脳神経の描出は三叉神経や顔面神経、聴神経周辺などを描出する方法として限定される。しかし、更に時間をかけ、より実効スライス厚が薄い画像を得ることができれば他の神経の部分も描出可能と思われる。MRIを用いたこの長時間撮像法は、体動によるアーチファクトを引き起こす可能性があり臨床現場での実践が難しい。また、画像作成者が解剖学的な知識を十分に習熟していなければ要求される画像とくい違いが生じる。更に、単一コントラストによる表現の限界もあり、誰もが見てもわかる画像を作るには目的部位を限定したほうが良いと思われた。

今後は、比較的広いスペースがある脳槽内における神経や血管等の構造物をVE画像で描出することや画像のフュージョンなども視野に入れ臨床的に価値ある画像を提供して行きたい。

ま と め

3次元画像表示法の一つである仮想内視鏡画像法をMRIによる脳神経の描出に応用した。本法では非侵襲的に立体感ある画像が得られ、神経と周囲血管との関係を正確に観察することができた。しかし、空間分解能に限界がありすべての神経を描出することはできなかった。今後は応用範囲の拡大、画像の重ね合わせなど更に詳細な情報を表現できる工夫が必要である。

文 献

- 1) 清水雅史, 吉川秀司, 可児弘行ほか: 気管支および血管の三次元表示法. 実践 三次元CT診断, 医療科学社, 東京, 1999, p66-75.
- 2) 吉岡政洋, 森 建策, 末永康仁ほか: ソフトウェアによる高速ボリュームレンダリング手法の開発と仮想内視鏡システムへの適用. Med Imag Tech, 2001, 19, 477-485.
- 3) Takashi Ishimori, Satoru Nakano, Masahiro Kagawa et al: Virtual Endoscopic Images by 3D FASE Cisternography for Neurovascular Compression. Magnet Resonance Med Sci, 2003, 2, p145-149.
- 4) 服部貴行, 谷 一郎, 小林 憲ほか: 消化管 - 急性腹症を中心に - . 画像診断, 2003, 23, 381-391.
- 5) 森 建策, 鳥脇純一郎, 長谷川純一ほか: 仮想気管支内視鏡システム. 臨放線, 1996, 41, 1385-1391.
- 6) M. Deimling, G. Laub: Constructive Interference in Steady State (CISS) for Motion Sensitivity Reduction. 1989; 8th SMRM Amsterdam, p842.
- 7) 鈴木直樹: 3次元画像処理技術の基礎. 臨放線, 1996, 41, 1166-1177.
- 8) Yoshinori Shigematsu, Yukunori Korogi, Toshinori Hirai et al: Virtual MR Endoscopy in The Central Nervous System. J Magn Reson Imagung, 1998, 8, p289-296.
- 9) 真壁武司, 橋本泰弘, 三上 仁ほか: 脳神経外科領域における3次元CTアンジオグラフィの基準投影画像の検討. 函医誌, 1997, 21, 112-117.
- 10) 真壁武司, 守山 亮, 黒川清文ほか: ヘビー T2強調画像法を用いた脳神経の描出について. 函医誌, 1999, 23, 88-91.