臨床技術

脂肪抑制, MTC併用2D-TOFによる下肢MR venographyの
有用性と各種加温方法の検討

東田満治・山崎 勝・佐原朋広・本塚勝康

論文受付
2000年5月16日論文受理
2000年10月24日

Code No. 261

大阪市立大学医学部附属病院中央放射線部

はじめに

下肢のmagnetic resonance angiography (MRA) においては, Gd造影剤のT₁短縮効果と三次元(3D)高速撮像を併用した方法が確立しているが¹⁻³⁾, 下肢MR venography (MRV) では種々の方法が試みられている⁴⁻⁹⁾. そのなかで, 二次元time of flight (2D TOF) 法が, 比較的短時間で選択的に静脈像を得ることができるとい

う理由から多く用いられている⁶⁻⁹⁾. しかし, 2D TOF 法は, 極端に遅い血流を信号としてとらえ難いことや⁷⁾, 血管以外の組織の高信号化に伴うコントラストの低下¹⁰⁾といった問題がある.

こういった問題点に対処するために, 血管以外の信号抑制を目的として脂肪抑制とmagnetization transfer contrast (MTC)¹¹⁾を附加した2D TOF法を用いて, 下肢

Usefulness of Lower Extremity MR Venography in 2D TOF Sequence with Fat Suppression Techniques and MTC, and Study of Different Warming Procedures

MITSUJI HIGASHIDA, MASARU YAMAZAKI, TOMOHIRO SAHARA,
and MASAYASU MOTOZUKA

Department of Radiology, Osaka City University Hospital

Received May 16, 2000; Revision accepted Oct. 24, 2000; Code No. 261

Summary

We evaluated the effect of fat suppression techniques (fatsat) and magnetization transfer contrast (MTC) for MR venography (MRV) using the 2D TOF sequence in the lower extremities. In addition, the improvement of vessel conspicuity resulting from three different warming procedures was evaluated. Three combinations of fatsat and MTC were performed. Both the signal intensity ratio (SIR) and contrast-to-noise ratio (CNR) were measured at ROIs of vein, fat, and muscle in knee. The vessel conspicuity of MIP was evaluated by three radiologists. The experimental results indicated that MTC pulses did not affect fatsat. The combination techniques of fatsat and MTC improved SIR ($\div 13\%$) and CNR ($\div 5\%$) of the vein compared with techniques using fatsat only. The continuous warming procedure was better than temporary warming in terms of vessel conspicuity. We conclude that the combined techniques of fatsat and MTC with the continuous warming procedure were clearly useful for MRV using the 2D TOF sequence in the lower extremities.

Key words: *Magnetic resonance venography (MRV), Two-dimensional time of flight (2D TOF), Magnetization transfer contrast (MTC), Fat suppression*

別刷資料請求先: 〒545-8586

大阪市阿倍野区旭町1-5-7

大阪市立大学医学部附属病院 中央放射線部 東田満治 宛

の加温による血流の改善¹²⁾を行った下肢MRVを施行した。また、加温の方法について3種類の異なる加温方法を考案して比較を行った。

本論文では、2D TOF法に脂肪抑制とMTCを附加した場合の血管コントラストにおける基礎的検討と、下肢加温による静脈血管の描出能の評価を行い、その有用性を報告する。

1. 方 法

1-1 撮像方法

使用装置は、シーメンス旭メディテック株式会社製 Vision 1.5Tである。撮像条件は、Table 1に示したとおりで、躯幹用コイルを用い、足関節部から上方80cmについて撮像を行った。撮像時間は約30分で、頭-足方向のflow(動脈)信号は、スライスと同期して移動するpresaturation pulseにより抑制した。

1-2 脂肪抑制, MTCによるコントラスト特性

脂肪抑制, MTC附加による静脈血管と他の組織のコントラスト特性をみるために、脂肪抑制, MTCの有無による静脈血管と脂肪(血管/脂肪), 静脈血管と筋肉(血管/筋肉)について信号強度比とcontrast to noise ratio(CNR)¹³⁾を測定した。測定は、Table 1の条件に脂肪抑制, MTC加えない場合をF-&M-, 脂肪抑制だけを加えた場合をF+&M-, 脂肪抑制とMTCを加えた場合をF+&M+とした3カテゴリについて行った。検討の対象としたのは、健常ボランティア8名(24-40歳; 平均30.8歳)の16肢の膝部で、その結果はpaired t検定を用いて有意差検定を行った。

なお、脂肪抑制法は、共鳴周波数の差を利用して脂肪を選択的にプロトン飽和状態にするchemical shift saturation(CHESS)法¹⁴⁾で、MTC法は、off resonance MTC法¹¹⁾である。今回使用したMTCのoff resonance pulseは、長さ7.68msのsingle cycle sinc pulseで水の周波数から1.5kHz高い周波数に印加している。

1-3 加温方法

加温方法は、異なる3方法を行い、各々をWarm A, B, Cとした。また、加温しない場合をPlainとしてTable 1に示した条件を用いて撮像を行った。

Warm Aは、検査前に約45°Cの温湯に5分間足を浸した後、直ちに撮像を行った。Warm Bは市販の温湿布を両下肢に数枚ずつ貼付し、貼付30分後より撮像を開始した。Warm Cは下腿をやや熱い蒸しタオルで覆い、下肢周辺に湯枕を数個配置して加温開始直後から撮像を行い、検査中も持続的に湯枕で加温した。

Table 1 Scan parameters for MR venography in the lower extremities.

Pulse sequence	2D FLASH
Repetition time	50 ms
Echo time	9 ms
Flip angle	65°
Slice thickness	4.0 mm
Field of view	340-370 mm
Rect.FOV	4/8-5/8
Matrix (frequency×phase)	256×192
Fat suppression	CHESS
MTC	off resonance MTC

1-4 加温方法の評価

加温方法を評価するために以下に示す二つの方法を用いた。

- (1) PlainとWarm A, B, Cについて静脈血管の描出能の評価を行った。方法は、ボランティア8名の下腿、大腿部のcoronalのmaximum intensity projection(MIP)像による視覚評価を行った。視覚評価は、同一ボランティアについてウィンド幅、ウィンドレベルを一定としたフィルムによる読影を行い、各ボランティアのPlainとWarm A, B, Cの画像において、静脈血管を描出している本数、コントラスト、走行について、1~4位の順位付けを行い、各順位に4~1の点数を付けて総合点で評価した。観察は、放射線技師5名で行い、その結果をWilcoxon検定を用いて有意差検定を行った。
- (2) 下腿部16肢について、下腿深部静脈を構成する3本の静脈(前脛骨静脈、後脛骨静脈、腓骨静脈)が、Warm A, B, Cで描出できた百分率を描出率として求めた。観察は、放射線科医師2名が行い、下腿のcoronal MIP像で、各深部静脈の分枝から下腿部中央附近まで連続して同定できた場合を描出可能とした⁹⁾。

2. 結 果

2-1 脂肪抑制, MTCによるコントラスト特性

脂肪抑制, MTCの有無による血管/脂肪の信号強度比をFig. 1にCNRをFig. 2に示す。各グラフともに、F-&M-を1.0とした相対値で表している。

F-&M-と比較すると、脂肪抑制を加えているF+&M-とF+&M+は、信号強度比で約6.8倍、CNRで約1.6倍と大幅に向上した($p<0.001$)。また、MTCの有無による脂肪抑制効果に有意差は認められなかった。

Fig. 1, 2と同様に、血管/筋肉について求めた信号強度比, CNRをFig. 3, 4にそれぞれ示す。F-&M-

Fig. 1 Relative signal intensity ratio of the vein to the fatty region with three fat suppression techniques and the MTC. (n.s.=not significant)

Fig. 2 Relative contrast-to-noise ratio of the vein to the fatty region with three fat suppression techniques and the MTC. (n.s.=not significant)

Fig. 3 Relative signal intensity ratio of the vein to the muscular region with three fat suppression techniques and the MTC.

Fig. 4 Relative contrast-to-noise ratio of the vein to the muscular region with three fat suppression techniques and the MTC.

と比較した場合、脂肪抑制だけを加えたF+ & M-は、信号強度比で約6%, CNRで約15%の低下が認められた。また、脂肪抑制にMTCを加えたF+&M+は、F+&M-よりも信号強度比は約13%, CNRは約5%の向上が認められた。

2-2 加温による効果

Fig. 5に下腿部の、Fig. 6に大腿部の加温による血管描出能の評価結果を示す。Warm A, B, CともにPlainより血管描出能は向上し、すべての加温方法について効果が認められた。加温法を比較した場合、下腿部ではWarm C>A>Bの順番となった。大腿部ではWarm Cが最も加温効果が大きく、Warm A, B間で有意差は認めなかった。

Table 2に下腿深部静脈の描出率を示す。各静脈ともFig. 5の結果と同様に、Warm C>A>Bの順番で描出率が高かった。静脈別では、後脛骨静脈が最も描出率が

高く、前脛骨静脈は低い描出率となった。

Fig. 7に同一ボランティアによるPlainと各加温法によるMIP画像を示す。Plainと各加温法によって、下腿部では明らかに静脈の描出能に差が生じている。各加温法のなかでWarm Cだけが、下腿深部を構成する3本の静脈のすべてと、その分枝を足関節付近まで描出することが可能である。また、大腿部においても、Warm Cが大腿深部静脈の連続性に優れ、分枝静脈についても描出能の向上が認められる。

3. 考 察

下肢MRVでは、Gd造影剤を肘静脈から注入して3D高速撮像法で血管像を得る手法を用いた場合は、動脈と静脈の重なりが問題となる^{7,8)}。また、足背静脈から造影剤を注入する方法では、煩雑な手技と高侵襲性から、血管造影検査に対する優位性が低くなる⁸⁾。以上のことから、2D TOF法は有用であると考えられる。

Fig. 5 Vessel conspicuity in the leg with different warming procedures.

Fig. 6 Vessel conspicuity in the thigh with different warming procedures.
(n.s.=not significant)

Table 2 Detectability of three calf deep veins under different warming procedures.

	Warm A (%)	Warm B (%)	Warm C (%)
Anterior tibial vein	43.8	18.8	75.0
Posterior tibial vein	68.8	50.0	87.5
Fibular vein	62.5	43.8	81.3

Fig. 7 Volunteer's MRV images (thigh and leg) with different warming procedures.
(a) Plain, (b) Warm A, (c) Warm B, (d) Warm C

a | b | c | d

が、造影法のようにsubtraction処理ができないため、血管以外の信号の抑制が重要となる。解剖学的に、下肢は内部を筋肉組織で、周囲を脂肪組織で覆われてい

るので、本手法では、それらの信号を低下させることで、下肢静脈の描出能を改善させることを目的とした。本手法の脂肪抑制は、静脈と脂肪のコントラスト

の大幅な改善を認めたが、静脈と筋肉の信号強度比、CNRの低下をもたらした。しかし、脂肪抑制にMTCを附加すると脂肪抑制効果に変化がなく、静脈と筋肉のコントラストを改善した。これより、脂肪抑制とMTCを併用することは、静脈と筋肉のコントラストを損うことなく、大きな脂肪抑制効果が得られ、下肢静脈のMRVに有効な撮像パラメータであると考えられた。

また、CHESS法、off resonance MTC法の欠点として、repetition time (TR)の延長によるinflow効果の低下と撮像時間の延長が挙げられるが、本法では、両方を併用しても、TR 50msとMRAにおける適切なTR領域¹⁰⁾で設定が可能であり、問題とならなかった。

下肢静脈の血流改善の方法としてエタノール負荷、運動負荷、駆血、加温などの負荷が試みられている^{8,9)}。これらは、すべて血管の拡張を目的とするが、そのなかで多くの患者に対応が可能で、簡易的であるという点で加温法が有効である。加温をしないPlainは、下腿の深部静脈をほとんど描出しなかったが^{7,9)}、各種加温法により有意に静脈の描出能向上を認めた。加温法の比較では、持続的に目的部位を加温するWarm Cが大きく、下腿深部静脈において描出困難な前脛骨静脈⁹⁾も、75%と高い描出率を示した。また、大腿部においても、加温効果は同等であった。Warm Aは下腿部で、Warm Cに次いで効果が大きかったが、撮像の後半にあたる大腿部では効果が小さく、時間経過による加温効果の低下が認められた。し

たがって、加温効果を最大限に得るには撮像時間中も持続的に加温する必要があると考えられた。

Warm Bは、温湿布を貼付するだけの簡易的な方法であるが、加温法のなかで最も効果は小さかった。温湿布は貼付時間を長くすることにより効果を大きくできる可能性があるが、実際の検査を考慮すると貼付30分後の撮像は適当であると思われ、貼付時間による検討は行わなかった。また、問題点として皮膚疾患やアレルギー患者に不適であることや、温湿布費用の負担があった。さらに、温湿布の一部に鉄分を含んだものがあり、使用の際には、事前の実験が必要である。

以上より、加温方法は、湯枕で持続加温するWarm Cが最も効果が大きかった。

4. 結 語

2D TOF法下肢MRVの描出能改善を目的にMTC、脂肪抑制、加温について検討した。結果として、MTC、脂肪抑制により静脈と筋肉のコントラストを損うことなく、静脈と脂肪のコントラストを向上できた。各種加温により有意に血管描出能のは向上したが、湯枕で検査中も持続加温する方法が最も効果が大きかった。

謝 辞

稿を終えるにあたり、本研究にご助言をいただきました当院放射線科 西田典史先生と、実験にご協力をいただきました技師諸兄に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Adamis MK, LI W, Wielopolski PA, et al.: Dynamic contrast-enhanced subtraction MR angiography of the lower extremities: Initial evaluation with a multisection two dimensional time-of-flight sequence. *Radiology*, 196, 689-695, (1995).
- 2) 天沼 誠, 田村綾子, 渡部恒也, 他: Gd-DTPA持続静注を用いた骨盤, 下肢動脈の3次元MR angiography. *日磁医誌*, 16(1), 13-21, (1996).
- 3) 東田満治, 山崎 勝, 花岡信子, 他: 体躯用CP型phased array coilを応用したスライドテーブル式下肢造影3D MR angiography. *日放技学誌*, 55(12), 1226-1231, (1999).
- 4) 橋本博美, 中塚春樹, 椿本光男, 他: 2次元位相コントラスト法による下肢静脈のMRアンギオグラフィー. *日磁医誌*, 14(1), 11-19, (1994).
- 5) 大川伸一, 平松京一, 森 達彦, 他: 3D-Fast STIRによる下肢のvenography. *日本医放会誌*, 55(11), 774-775, (1995).
- 6) Lanzer P, Gross GM, Keller FS, et al.: Sequential 2D inflow venography: Initial clinical observations. *Magn Reson Med*, 19, 470-476, (1991).
- 7) 田島なつき, 保坂純郎, 伊藤公一郎, 他: 下肢静脈瘤のMRA. *日磁医誌*, 15(6), 203-210, (1995).
- 8) 吉儀 淳, 土江洋二, 黒田 覚, 他: 下腿深部静脈MR venography—各種撮像法の検討—. *日磁医誌*, 19(S), 202, (1999).
- 9) 永吉健介, 岡田宗正, 門前芳夫, 他: 非造影2D-TOF MR venographyによる下腿深部静脈描出の向上に関する試み—駆血および加温の有用性—. *日本医放会誌*, 57(11), 647-652, (1997).
- 10) Patrick T, Matt B, Orest B, et al.: *Signa Advantage Applications Guide Vol.3. General Electric Company Publication, Milwaukee, Wisconsin*, (1990).
- 11) 佐藤俊彦, 森谷浩人: 交差緩和の臨床応用とその問題点. *日獨医報*, 42(1), 19-30, (1997).
- 12) 水口和夫, 工藤弘明, 奥山和夫, 他: 温湿布下IV DSAによる四肢末梢部動脈造影. *臨床放射線*, 31, 161-163, (1986).
- 13) 日本放射線技術学会 編: *臨床放射線技術実験ハンドブック(上)*. pp.531-535, 通商産業研究者, 東京, (1996).
- 14) Haase A and Frahm J: 1H NMR chemical shift selective (CHESS) imaging. *Phys Med Biol*, 30(4), 341-344, (1985).

図表の説明

- Fig. 1 脂肪抑制とMTC有無の3カテゴリの静脈/脂肪の相対信号強度比(n.s.は有意差なし).
Fig. 2 脂肪抑制とMTC有無の3カテゴリの静脈/脂肪のCNR(n.s.は有意差なし).
Fig. 3 脂肪抑制とMTC有無の3カテゴリの静脈/筋肉の相対信号強度比.
Fig. 4 脂肪抑制とMTC有無の3カテゴリの静脈/筋肉のCNR.
Fig. 5 下腿部の各種加温法による血管描出能の評価.
Fig. 6 大腿部の各種加温法による血管描出能の評価(n.s.は有意差なし).
Fig. 7 各種加温法によるMIP画像(下腿部, 大腿部).
(a) Plain, (b) Warm A, (c) Warm B, (d) Warm C

Table 1 下肢MR venographyの撮像条件.

Table 2 各種加温法による下腿の3本の深部静脈の描出率.