

深部静脈血栓症の MR venography

田島なつき¹, 田島廣之², 岡田 進¹, 伊藤公一郎¹,
保坂純郎¹, 趙 圭一¹, 隈崎達夫², 加藤丈司¹,
桜井 実¹, 浅野哲雄³, 水野杏一⁴, 田中啓治⁵

¹日本医科大学付属千葉北総病院放射線科 ²同 付属病院放射線科

³同 付属千葉北総病院胸部外科 ⁴同 付属千葉北総病院内科

⁵同 付属千葉北総病院集中治療室

はじめに

深部静脈血栓症は従来下肢静脈造影により診断がなされてきた。しかしながら、下腿から骨盤部に至るすべての静脈を造影剤で充盈させることは必ずしも容易でない^{1),2)}。また、急性期にこれを行うことは臨床症状を悪化させる危険を伴うため、実際には亜急性期になってから施行される場合が多い³⁾。ドップラー法を含めた超音波検査による高い診断能も近年報告されているが、検者の技量によるところが多く熟練を要するため必ずしも一般的とは言えない^{4),5)}。らせん CT を用いた静脈造影の検討も見られている⁶⁾。

これに対し、MR venography による本症の診断の試みも認められるようになってきた^{2),4),7)~9)}。今回我々は、深部静脈血栓症に対し MR venography を施行したところ良好な結果が得られたので報告する。

対象及び方法

平成 6 年 5 月から平成 8 年 7 月の間に臨床的に深部静脈血栓症が疑われ MR venography

を行った 19 例を対象とした。年齢は 26 歳から 76 歳 (平均 56 歳) で、男性 4 例女性 15 例であった。症例の内訳としては、下肢の腫脹あるいは疼痛を主訴としたものが 14 例、肺血栓塞栓症と診断され深部静脈血栓症の検索がなされたものが 5 例であった。これらのうち 14 例では静脈造影も施行された。MR venography と静脈造影の両方が施行された場合、両検査は先行した検査結果を明らかにせず順不同で施行された。両者が施行された 14 例の内 10 例では両検査は 1 週間以内に、残る 4 例でも 1 ヶ月半以内に施行された。先行する検査は、大部分の症例で発症後約 1~2 週間で施行された。

MR venography は、GE 社製超伝導型 MR 装置 SIGNA Advantage/Horizon 1.5 T を用いて撮像した。撮像法としては GRASS 法、2D-time of flight (TOF) 法、Gd-DTPA 造影法 (Gd 造影法) の 3 方法を採用した。撮影には躯幹用コイルを用い、いずれの撮像法でも flow compensation を併用した。

GRASS 法は TR/TE=33/13 ms, フリップ角 60 度, マトリックス数 256×128, 加算回数 2 回とした。スライス断面は水平断とし、FOV は 30~38 cm, スライス厚は 5 mm, 間

キーワード thrombosis, deep veins, MR venography, extremities

隔は0あるいは5 mmとした。中枢側にはpresaturation pulseを加え、動脈からの信号を抑制させるようにした。一回の撮像時間は5～10分であった。

TOF法はspoiled GRASSを用い、2D-TOF法にてTR/TE=40/6.4 ms、フリップ角45～60度、マトリックス数256×128、加算回数1回とした。スライス断面は水平断とし、FOVは30～38 cm、スライス厚は2.6 mm、間隔は0 mmとした。また、中枢側にpresaturation pulseを加え、静脈像のみを選択的に撮像した。一回の撮像時間は10～15分であった。

Gd造影法は3D-spoiled GRASSを用い、TR/TE=47/6.9 ms、フリップ角40度、マトリックス数512×256、加算回数1回とした。スライス断面は冠状断とし、FOVは48 cmとした。スライス厚は骨盤ないし大腿部では3.2～3.8 mm、膝ないし下腿部では2.0～2.7 mm、スライス分割数28とした。一回の撮像時間は約5分であった。Gd-DTPA 20 mlを肘静脈より用手静注した後撮像を開始し、数回の撮像をくりかえした。一回目の撮像は静注開始から約5分後より、二回目の撮像は約10分後よりの撮像とした。

MR画像は、GRASS法では原画像を、TOF法とGd造影法では原画像とmaximum intensity projection (MIP)法による再構成像の両者を観察して評価した。評価項目は、静脈内の陰影欠損像あるいは静脈全体の信号低下が見られた場合、これを深部静脈血栓症の直接所見とした。一方、側副血行路の新生、主要深部静脈周囲における細静脈と思われる細かな脈管の描出、早期静脈還流、水平断像における静脈壁の肥厚・変形の4項目を間接所見とした。

静脈造影は、足関節直上部駆血下および非駆血下に、足背部よりIopamidol 300 mgI/ml, 50 mlを用手的に注入し、下腿部・膝部・大腿部・骨盤部を撮影した。静脈造影では、静脈内

に血栓による陰影欠損が認められたものを深部静脈血栓症とした。血栓は見られないものの、弁拡張を含めた静脈弁不全等の所見が認められた場合は血栓性静脈炎とした。

実際の評価に際しては、3名の放射線科専門医が、MR venographyおよび静脈造影においてこれらの所見が認められるか否かにつき評価した。

結 果

MR venographyにて深部静脈血栓症と診断されたものは12例(左側9例、右側1例、両側2例)であった。Fig. 1には深部静脈血栓症の代表症例を示す。そのうち9例では静脈造影も施行され診断が一致した。残りの3例はMR venographyでのみ本症と診断されたが、これらは腸骨静脈から下大静脈にかけての明らかな血栓が認められたため、静脈造影は施行されなかった。

各撮像法において得られた所見をTable 1に示す。GRASS法・TOF法・Gd造影法はそれぞれ10例、9例、9例に施行された。静脈内の陰影欠損像は、GRASS法・TOF法・Gd造影法において、各々10例中6例・9例中6例・9例中6例に認められた。また、信号の低下はGRASS法では10例全例に、TOF法・Gd造影法では各々9例中7例・9例中8例に認められた。間接所見のうち、側副血行路はいずれの方法にても高率に描出され、撮像方法の違いによる差はほとんど見られなかった。一方、細静脈の拡張や早期静脈還流は、Gd造影法においてのみ認められた。また、静脈壁の肥厚・変形は3例で認められたが、これはGRASS法においてのみ検出された。このうち2例は慢性再発性肺血栓塞栓症、1例は9年前よりの深部静脈血栓症であったが後療法を自己中止していた。

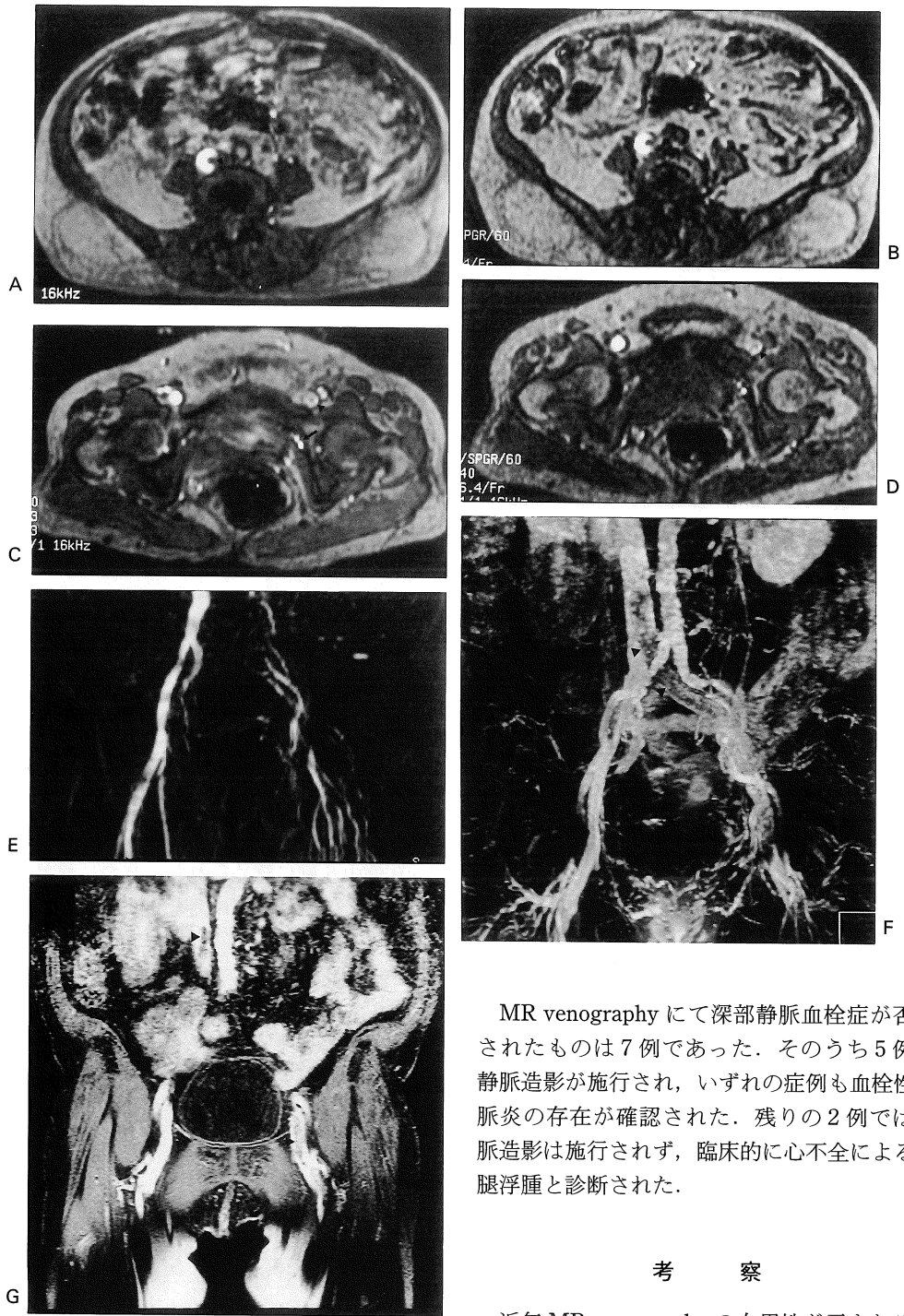


Fig. 1. (A-G)

MR venographyにて深部静脈血栓症が否定されたものは7例であった。そのうち5例で静脈造影が施行され、いずれの症例も血栓性静脈炎の存在が確認された。残りの2例では静脈造影は施行されず、臨床的に心不全による下腿浮腫と診断された。

考 察

近年 MR venography の有用性が示されるようになり、静脈系に対してより侵襲が少なく安

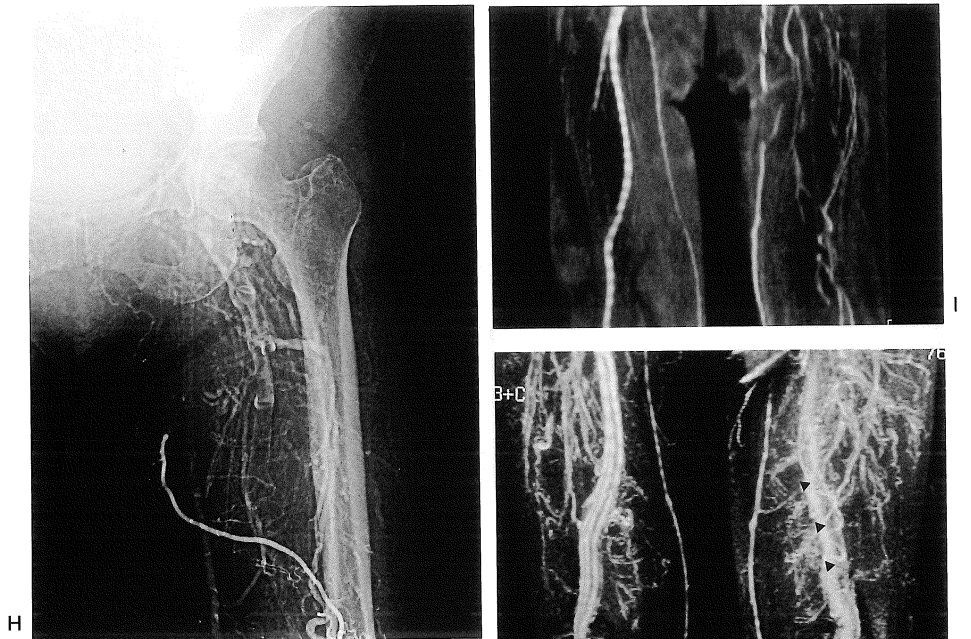


Fig. 1. (H-J)

Fig. 1. MR venogram obtained by 3 different methods of a 74-year-old woman with deep venous thrombosis.

(A) Transaxial GRASS image shows a filling defect of the inferior vena cava clearly (arrowhead). (B) Transaxial 2D-TOF source image at the same level as (A). The signal intensity of the arteries is suppressed. (C) Transaxial GRASS image shows a filling defect of the left common femoral vein (arrowhead). The signal intensity of the left common femoral vein is low, compared with the right one. Collateral vessels are also evident (arrow). (D) Transaxial 2D-TOF source image at the same level as (C). The signal intensity of the arteries is suppressed. A filling defect of the left common femoral vein is also recognized (arrowhead). (E) Reconstructed maximum intensity projection (MIP) image of the pelvis using 2D-TOF method. Left iliac vein is not seen, and several collateral vessels are demonstrated clearly. (F) Reconstructed MIP image of Gd-enhanced method shows filling defects of the left iliac vein and inferior vena cava (arrowheads). (G) Coronal source image of Gd-enhanced method shows filling defects of the left femoral vein and inferior vena cava (arrowheads). (H) Conventional venogram shows filling defects of the left superficial femoral vein. Collateral vessels are poorly visualized. (I) Reconstructed MIP image of the thigh using 2D-TOF method. Left superficial femoral vein is not seen. Collateral vessels and dilated left saphena magna vein are evident. (J) Reconstructed MIP image of Gd-enhanced method shows filling defects of the left superficial femoral vein and popliteal vein (arrowheads). Dilated small veins surrounding deep calf and deep femoral veins are also recognized. (K) Coronal source image of the same method as (J) shows longitudinal filling defect of the dilated left popliteal vein (arrowhead). (L) Conventional venogram shows filling defects of the left deep calf and popliteal veins. Saphena magna vein is dilated.

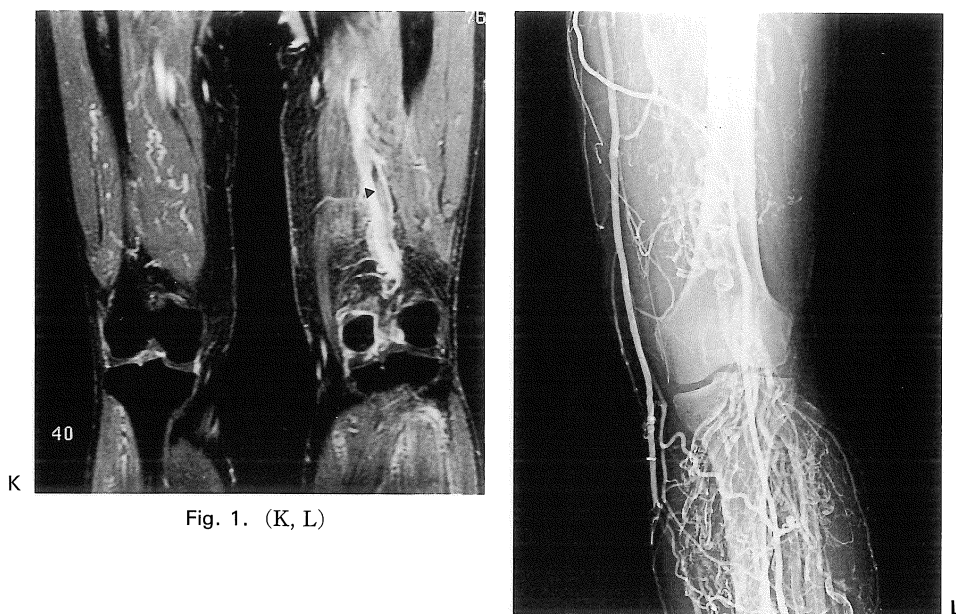


Fig. 1. (K, L)

Table 1. MR Findings of Deep Venous Thrombosis Obtained by 3 Different Methods. TOF: Time of Flight, Gd-E: Gd-DTPA Enhanced Spoiled GRASS

Method	GRASS	TOF	Gd-E
Number	10	9	9
Intraluminal filling defect	6	6	6
Decreased intensity	10	7	8
Collateral vessels	8	7	7
Small veins	0	0	8
Early venous filling	0	0	3
Wall thickening & deformity	3	0	0

定した検査法としての評価が定着しつつある。下肢静脈瘤については様々な報告が認められているが^{10),11)}、深部静脈血栓症についてはいくつかの試みが見られているのみである。

Erdman らは Phase Contrast 法を用い血流の有無を検索することにより血栓の検出を試みたが⁹⁾、十分な結果は得られなかった。

一般には血流の描出には TOF 法が用いられているが、TOF 法では血流自体が検出される

ため、血栓の存在する静脈は描出欠如あるいは信号低下といった形で描出される。したがって、実際には良好な画像を得ることが難しい場合がある。EPI を用いて短時間に撮像することで、駆血解除後における一過性の静脈還流増加を利用し、下腿深部静脈を描出しようとする試みも見られる¹²⁾。しかしながら、血栓が存在する場合には血流は更に低下してしまうため、血流信号自体を利用することには限界がある。また、深部静脈血栓症に於いては下腿から骨盤部にいたる極めて広い範囲を検索しなければならないため、撮像時間が著しく延長することも臨床の実際においては制約となる。一方では、TOF 法においては presaturation pulse を加えているため動脈血流には飽和効果による信号抑制が生じ、静脈側の側副血行路は同定され易くなる (Fig. 1(E),(I))。なお、診断に際しては、MIP 像のみならず原画像を確認することが重要である。MIP 像は全体像の把握には有用であるが、MIP 像に比べ原画像の方が偽陽性が少なかったとしている報告も多い^{13),14)}。したがって、今回我々も、画像の評価には必ず

両者を比較した (Fig. 1(B),(D)).

Spritzer, Evans らの GRASS 法は, この TOF 法の原画像を発展させたとも言うべき方法である^{2),4),7),8)}. すなわち, スライス厚や TR, フリップ角などを工夫する事により, 遅い血流の描出を試みたものである. これにより, 血栓は高信号の静脈内に低信号として描出される^{7),8)}. 我々の症例でも, わずかでも血流を有する血管は高信号として描出され, 低信号となる血栓の検出は容易であった (Fig. 1(A),(C)). また, スライスギャップを入れることで広い範囲が短時間に撮像できる点も臨床上有用であった. 一部の症例ではこれを入れずに MIP 像の作成を試みたところ, TOF 法に比べむしろ信号が強く良好な画像が得られた. しかしながら一方, presaturation pulse をかけた部位より離れた動脈が描出されるため, これに伴走する静脈が同定しづらい場合もあった.

肺血栓塞栓症の原因検索のためには, 下肢の超音波検査が行われることが多い¹⁵⁾. しかしながら, 下肢の症状を伴わない症例における血栓の検出率は必ずしも高くはない^{4),16)}. また, 血栓の存在を検出できた場合でも急性期と慢性期の血栓の区別は困難であり, これをある程度推定できる点で MR venography はより有用といえる^{4),17)}. すなわち, 慢性の深部静脈血栓症では GRASS 法において静脈壁の肥厚や変形といった所見が見られるとされるが, これは今回の我々の結果と一致するものであった.

一方, Gd 造影法は血液そのものを描出するため, 従来の MR venography の手法とは異なっており, むしろ静脈造影に近い方法かも知れない. すなわち, 血栓は, 造影剤により T₁ 値が短縮した高信号の血液内における陰影欠損像として描出される (Fig. 1(F),(J)). また, 本方法は inflow 効果への依存性が減少するため, 撮像面を冠状断とすることによりより広い範囲の画像を短時間に得ることができる. 冠状断の撮像は血管の走行と比較的一致しているため, 血管内腔の状態が見やすい形で描出される. 今

回この方法により, 下腿の深部静脈内の血栓までが検出されたことは極めて興味深い. 更に, 細静脈の描出は血液の鬱滞を反映したものと思われ (Fig. 1(J)), 急性期であることを示唆する所見と考えている. また, 造影剤注入後撮像を数回繰り返すことで, 早期静脈還流など血行動態の評価も可能である. なお, 本方法においても, MIP 像を作成することにより画像が修飾されてしまうため, 原画像との対比は必要である (Fig. 1(G),(K)).

GRASS 法, TOF 法, Gd 造影法においては, いずれの撮像法でも血栓自体が陰影欠損あるいは信号の異常として検出され, 深部静脈血栓症の診断上極めて有用と考えられた. 今回の検討では, 撮像方法間にてこれらの所見の出現頻度はほぼ同程度であり, 深部静脈血栓症における出現頻度は極めて高かった. 特に, 通常の静脈造影や超音波検査では描出が得られにくい腸骨静脈から下大静脈にかけての血栓の検出に極めて有用であった (Fig. 1(A),(B),(F),(G))^{1),2),4)}. また, 側副血行路も高頻度に検出されたが, これらの間接所見も本症の補助診断に有用であった. 一方, 下腿部末梢に至るまで通常の静脈造影と同様に MR venography を用いて詳細に血栓を検出するかどうかについては, 今後の課題と考えている.

以上の如く, 深部静脈血栓症の MR venography による診断には, 複数の撮像法を用いた総合的な判断が必要である. その際, Gd 造影法は従来の手法とは異なる原理に基づいているため, 他の撮像法と併用することで診断能の向上が期待される. 実際には, まず GRASS 法で骨盤から大腿部に至る閉塞の有無やおおまかな位置を調べ, TOF 法により同部における側副路を含めた全体像を把握し, 最後に Gd 造影法により骨盤から下腿部に至る血栓の詳細な検討を行うといった方法が勧められる. これらの3方法を併用しても実際の撮像時間は40分程度であり, 臨床的にも許容できるものであろう.

ま と め

1. 深部静脈血栓症が疑われた19例に対し、GRASS法、TOF法、及びGd造影法を用いてMR venographyを施行し、このうち12例が本症と診断された。
2. 深部静脈血栓症においては、静脈内の陰影欠損像・静脈全体の信号低下といった直接所見は、いずれの方法においても高率に描出された。
3. 間接所見のうち、側副血行路の描出は、いずれの方法においても多くの症例で認められた。一方、細静脈の拡張や早期静脈還流はGd造影法においてのみ、静脈壁の肥厚・変形はGRASS法においてのみ見られた。
4. 以上より、深部静脈血栓症の診断におけるMR venographyの有用性が示唆された。

本論文の要旨は、第24回日本磁気共鳴医学会大会(1996年9月大磯)にて発表した。

文 献

- 1) Redman HC : Deep venous thrombosis : Is contrast venography still the diagnostic "gold standard?". *Radiology*, 168 : 277-278, 1988.
- 2) Evans AJ, Sostman HD, Knelson MH, et al. : Detection of deep venous thrombosis : prospective comparison of MR Imaging with contrast venography. *AJR*, 161 : 131-139, 1993.
- 3) 隈崎達夫, 田島廣之, 伊藤公一郎, 他 : Ioversolによる四肢血管撮影. II. 下肢静脈造影. *脈管学*, 30(9) : 1125-1129, 1990.
- 4) Evans AJ, Sostman HD, Witty LA, et al. : Detection of deep venous thrombosis : Prospective comparison of MR imaging and sonography. *JMRI*, 6(1) : 44-51, 1996.
- 5) Pezzullo JA, Perkins AB, Cronan JJ : Symptomatic deep vein thrombosis : Diagnosis with limited compression US. *Radiology*, 198 : 67-70, 1996.
- 6) Baldt MM, Zontsich T, Stuempflen A, et al. : Deep venous thrombosis of the lower extremity : efficacy of spiral CT venography compared with conventional venography in diagnosis. *Radiology*, 200 : 423-428, 1996.
- 7) Totterman S, Francis CW, Foster TH, et al. : Diagnosis of femoro-popliteal venous thrombosis with MR Imaging : A comparison of four MR pulse sequences. *AJR*, 154 : 175-178, 1990.
- 8) Spritzer CE, Sostman HD, Wilkes DC, et al. : Deep venous thrombosis : experience with Gradient-Echo MR imaging in 66 patients. *Radiology*, 177 : 235-241, 1990.
- 9) Erdman WA, Jayson HT, Redman HC, et al. : Deep venous thrombosis of extremities : role of MR imaging in the diagnosis. *Radiology*, 174 : 425-431, 1990.
- 10) 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) : 203-211, 1995.
- 11) 高畑良子, 内藤 晃, 伊藤勝陽 : 下肢静脈瘤に対するGd-DTPA造影MR venographyの検討. *日磁医誌*, 15(7) : 241-247, 1995.
- 12) Holtz DJ, Debatin JF, Mckinnon GC, et al. : MR venography of the calf : Value of flow-enhanced time of flight echoplanar imaging. *AJR*, 166 : 663-668, 1996.
- 13) Siewert VB, Kaiser WA, Layer G et al. : MR-Venographie bei trifen Bein-und Beckenvenenthrombosen. *Fort Röntgen*, 156 : 549-554, 1992.
- 14) Montgomery KD, Potter HG, Helfet DL, et al. : Magnetic resonance venography to evaluate the deep venous system of the pelvis in patients who have an acetabular fracture. *J Bone Joint Surg*, 77 : 1639-1649, 1995.
- 15) Christiansen F, Kellerth T, Andersson T, et al. : Ultrasound at scintigraphic "intermediate probability of pulmonary embolism". *Acta Radiol*, 37 : 14-17, 1996.
- 16) Wells PS, Lensing AWA, Davidson BL, et al. : Accuracy of ultrasound for the diagnosis of deep venous thrombosis in asymptomatic patients after orthopedic surgery. *Ann Intern Med*, 122 : 47-53, 1995.
- 17) Cronan JJ, Leen V : Recurrent deep venous thrombosis : Limitation of US. *Radiology*, 170 : 739-742, 1989.

MR Venography of Deep Venous Thrombosis

Natsuki TAJIMA¹, Hiroyuki TAJIMA², Susumu OKADA¹,
Ko-ichiro ITO¹, Jyunro HOSAKA¹, Keiichi CHO¹,
Tatsuo KUMAZAKI², Jyoji KATO¹, Minoru SAKURAI¹,
Tetsuo ASANO³, Kyo-ichi MIZUNO⁴, Keiji TANAKA⁵

¹*Department of Radiology, Chiba-hokusou Hospital, Nippon Medical School
1715 Kamakari, Inba-mura, Inba-gun, Chiba 270-16*

²*Department of Radiology, Nippon Medical School Hospital*

³*Department of Thoracic Surgery, Chiba-hokusou Hp.*

⁴*Department of Internal Medicine, Chiba-hokusou Hp.*

⁵*Intensive care unit, Chiba-hokusou Hospital*

MR venography of the lower extremities was carried out in 19 patients with suspected deep venous thrombosis using 3 different methods: GRASS method, two-dimensional time of flight (TOF) method, and Gd-DTPA enhanced 3-D spoiled GRASS method. Twelve out of 19 patients (lt ; 9, rt ; 1, bil ; 2) were judged as having deep venous thrombosis on MR venography and/or conventional venography.

“Intraluminal filling defect” and “decreased intensity” were thought to be the direct findings of deep venous thrombosis. On GRASS method, 6 out of 10 “filling defects” and all “decreased intensity” were detected. On TOF method, 6 out of 9 “filling defects” and 7 out of 9 “decreased intensity” were seen. On Gd-enhanced method, 6 out of 9 “filling defects” and 8 out of 9 “decreased intensity” were visualized.

“Collateral vessels”, “small veins”, “early venous filling”, and “wall thickening and deformity” were thought to be the indirect findings of deep venous thrombosis on MR venography. On GRASS method, 8 out of 10 “collateral vessels” and 3 out of 10 “wall thickening and deformity” were detected. On TOF method, 7 out of 9 “collateral vessels” was seen. On Gd-enhanced method, 7 out of 9 “collateral vessels”, 8 out of 9 “small veins”, and 3 out of 9 “early venous filling” were visualized. There were no significant differences between these three method detecting direct findings and “collateral vessels” of deep venous thrombosis. “Wall thickening and deformity” was only detected by GRASS method, while “small veins” and “early venous filling” were only detected by Gd-enhanced method. Seven out of 19 patients were judged as having no deep venous thrombosis on MR venography. Among them, 5 patients were evaluated as thrombophlebitis on conventional venography, and 2 patients were diagnosed as having edema of the lower extremities induced by cardiac failure.

These results suggest that these 3 methods are useful in diagnosing deep venous thrombosis.