

めまい患者における DBI (direct bolus imaging) 法の有用性 — 頭頸部血管障害におけるスクリーニング法としての DBI の意義 —

佐藤俊彦¹, 西村 玄², 藤岡睦久¹, 亘理 勉¹,
松本俊彦³, 鷺谷澄夫⁴, 井上 清⁵, 堀田正敏⁶,
清水公治⁷

¹獨協医大放射線科

³鷺谷病院 MR 科

⁶鯨屋

⁷島津製作所医用技術部

²清水市立病院放射線科

⁴鷺谷病院整形外科

⁵関東島津メディカル

対象および方法

緒 言

MRI を用いた非観血的血流計測法は、種々考案され報告されている^{1)~6)}。DBI 法は清水らが報告した time of flight 法を利用したもので、既他のモダリティとの比較や臨床応用について報告され^{7)~8)}、その有用性は確立されつつある。

一方、めまいは種々の原因により引き起こされる臨床症状であるが、脳血管循環障害も重要な原因であり、スクリーニング的に総頸動脈および椎骨動脈を一度に検査可能な方法が臨床上有用であろうと思われる。

本研究の目的は、めまいを訴える患者に対して DBI 法にて、総頸動脈および椎骨動脈の血流状態についてスクリーニングを試みることである。

対象は、鷺谷病院 MR 科で 1989 年 8 月から 1990 年 5 月までに、めまいを主訴に MRI を施行した症例のうち、脳幹部、小脳橋角部および temporal bone に明らかな異常を認めなかった男性 36 例、女性 47 例の計 83 例である。使用装置は、島津超伝導 MRI-SMT 50 A (静磁場強度 0.5 T) である。

方法は、MRI のルーチン検査終了後、第 5 頸椎レベルで軸位方向に励起面を設定し、DBI シーケンスを用いて前後方向の投影画像を得た。観察は cine display にて行った。DBI のシーケンスは図 1 に示す通りで、パラメーターは、TR : 60 ms, TE ; 50 ms, NEX ; 1, acquisition matrix ; 128×256, slice thickness ; 5 mm, ECG gate である。検査時間は症例の心拍数により異なるが、約 2 分以内である。

DBI 異常の判定基準は、流速の左右差もしくはピーク幅 (血管径を示す) の左右差の有るも

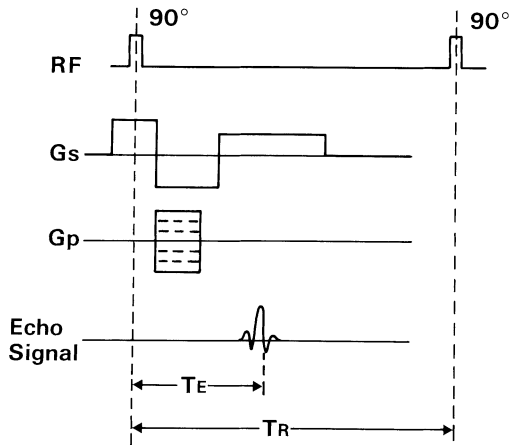


図1. DBI シーケンス

のを異常とした。

確定診断は、DBI で異常を認めた全例に血管造影を施行して行なった。

結 果

- 1) DBI 施行 83 例中 79 例 (95%) に評価可能な画像が得られた。評価不能であった 4 例は、いずれも総頸動脈と椎骨動脈のピークが前後に重なることによるものであった。
- 2) 評価可能症例 79 例中 15 例 (18.9%) に DBI の異常を認めた。

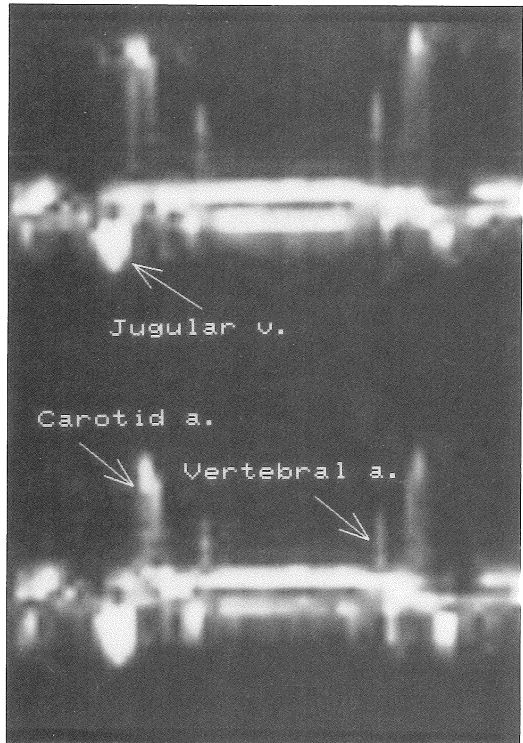


図2. 動脈のピークは上方に、静脈は下方に描出される。

- 3) 異常を認めた 15 例全例に血管造影を施行し、全例に異常が確認できた。DBI 所見と血管造影所見の比較を表 1 に示す。

表 1. DBI 所見と血管造影所見の比較

DBI 所見	血管造影所見
Flow peak の反転：椎骨動脈 2 例	subclavian steal syndrome
欠如：総頸動脈 1 例 椎骨動脈 4 例	総頸動脈閉塞症 椎骨動脈閉塞症
低下：両側椎骨動脈 1 例 片側椎骨動脈 1 例	脳底動脈閉塞症 椎骨動脈閉塞症
Flow band width の狭小化：6 例 および flow peak の低下	hypoplasia of vertebral artery

1990年7月2日受理 1990年11月21日改訂

別刷請求先 〒321-02 栃木県下都賀郡壬生町大字北小林880 獨逸医科大学放射線科 佐藤俊彦

症 例

正常例

健常ボランティアの DBI を図 2 に示す。DBI 法は、流速とその方向を同時に測定可能であり、動脈のピークは上方に、静脈のピークは下方に

描出される。そしてピークの高さを d とすると d/TE が流速を、ピーク幅が血管内径を表している。

症例 1) 椎骨動脈のピークの反転；subclavian steal syndrome

DBI (図 3 a) で、左椎骨動脈のピークが逆方向

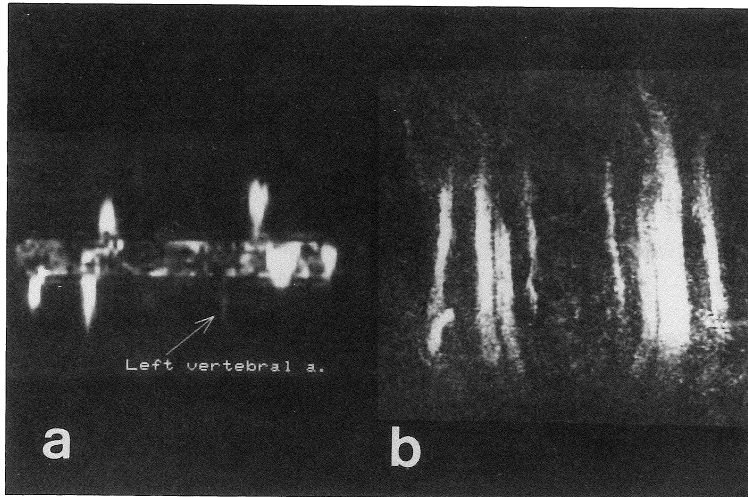


図 3. a DBI 所見で、左椎骨動脈のピークが逆方向を向いている。
b MRA で血管に明らかな閉塞は認めず subclavian steal syndrome が疑われる。

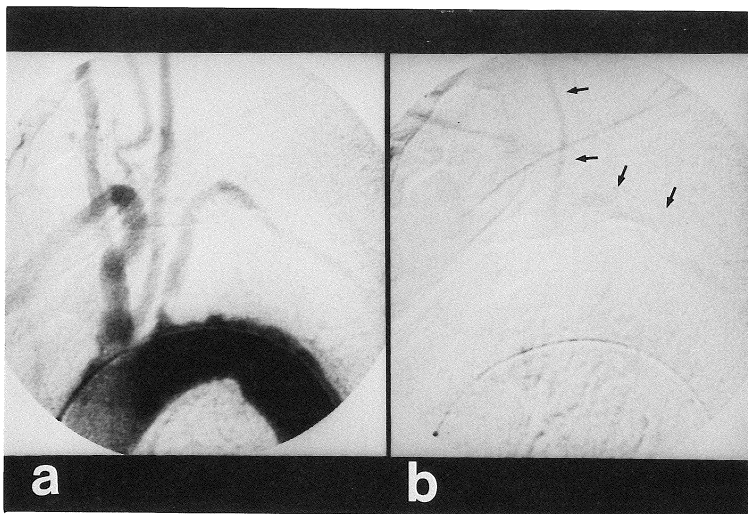


図 4. a 大動脈造影では、左鎖骨下動脈の狭窄を認め、左椎骨動脈が描出されていない。b その late phase 像で、逆方向から左椎骨動脈が描出されており、subclavian steal syndrome が確定できる。

を示したが、MR angiography (以下 MRA と略す) (図 3 b) では椎骨動脈に形態的異常を認めなかった。血管造影 (図 4) では、左鎖骨下動脈の起始部に狭窄を認め、late phase で逆方向に流れる椎骨動脈が確認された。経皮血管形成術後の DBI (図 5 a) では椎骨動脈の順行性のピークが描出され、血管造影 (図 5 b) でも左椎骨動脈が順行性に描出された。臨床所見は、上肢血圧の左右差を認めた。

症例 2) 椎骨動脈ピークの完全欠如；椎骨動脈閉塞症

DBI (図 6 a) では、右椎骨動脈のピークの完全欠如を認め、血管造影 (図 6 b) で右椎骨動脈は鎖骨下動脈分岐部で完全閉塞していた。

症例 3) 総頸動脈ピークの完全欠如；総頸動脈閉塞症

DBI (図 7 a) では、右総頸動脈のピークの完全欠如を認め、血管造影 (図 7 b) でも右総頸動脈は腕頭動脈分岐直後から完全閉塞していた。臨床所見は、右総頸動脈の拍動を触知できなかった。

症例 4) 両側椎骨動脈ピークの著明な低下；

脳底動脈閉塞症

DBI (図 8 a) では両側の椎骨動脈のピークが著明に低下していた。両側椎骨動脈造影 (図 8 b) で、脳底動脈の描出を認めなかった。

症例 5) 椎骨動脈のピーク幅の狭小化およびピークの低下；hypoplasia of vertebral artery
DBI (図 9 a) では、右椎骨動脈のピークが低下し、ピーク幅も左に比し狭小化していた。血管造影 (図 9 b) では右椎骨動脈径は細いが明らかな閉塞所見は認めなかった。

考 案

めまいは種々の原因により引き起こされる臨床症状で、これらの原因の一つに脳底動脈循環不全 (vertebro-basilar insufficiency ; VBI) が挙げられるが、前庭神経の中樞投射野が intraparietal sulcus 近傍 (2 V野) に存在するため、内頸動脈領域の異常でもめまいを生じる⁸⁾。したがって、スクリーニングは総頸動脈および椎骨動脈の両者を一度に観察可能であることが必要である。しかし、これを検査する手段とし

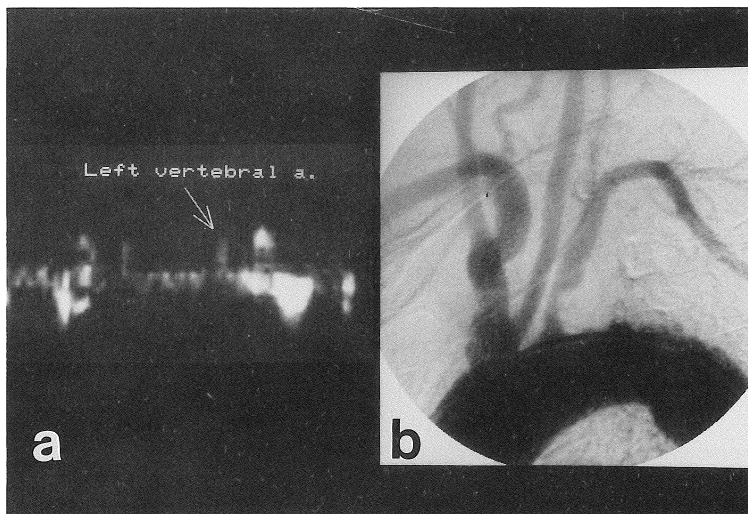


図 5. a PTA 術後の DBI で、左椎骨動脈は順行性のピークとして描出されている。
b その大動脈造影像で、順行性の左椎骨動脈が確認できる。

ては脳血管造影法以外にないのが現状であった。超音波ドップラー法も総頸動脈には有用な方法ではあるが、椎骨動脈には無力である。

一方 DBI は、time of flight 法を利用した非観血的血流計測であり、既に超音波ドップラー法との相関や心大血管、門脈領域への臨床応用

が報告されており、椎骨動脈への応用も可能である¹⁶⁾。我々は、この DBI を頸部の総頸動脈および椎骨動脈領域のスクリーニングに応用した結果、血管造影所見との良い相関を得ることができた。

1) スクリーニング法としての DBI の評価

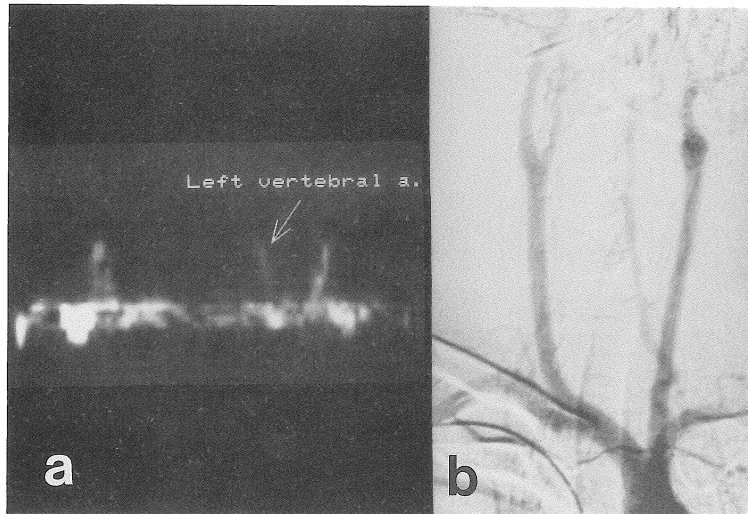


図 6. a DBI で右椎骨動脈のピークの消失を認める。
b DSA 像であるが、右椎骨動脈は分岐部で完全閉塞をきたしている。

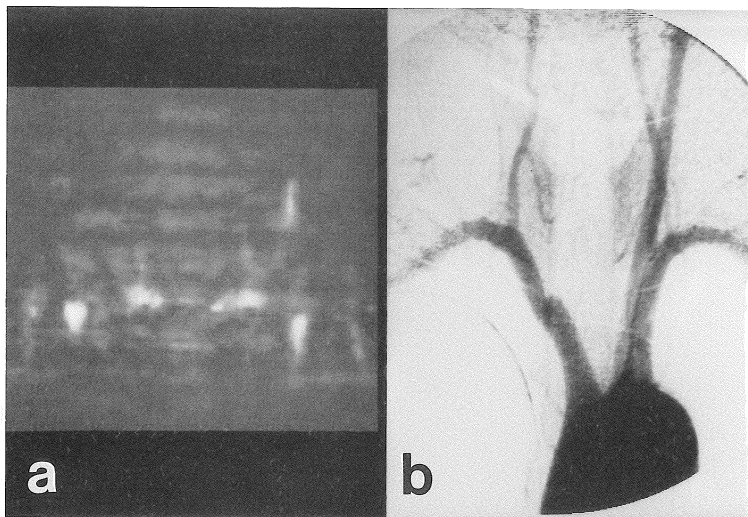


図 7. a DBI で右総頸動脈のピークの完全欠如を認める。
b DSA 像で、右総頸動脈の分岐部からの完全閉塞を認める。

DBI はスクリーニング法として検査時間は心拍数に依存するが約2分程度であること、および総頸動脈と椎骨動脈両者を観察可能であることから好都合である半面、前後の血管が重複する可能性があるという欠点も持っている。我々の症例でも4例で総頸動脈と椎骨動脈の重なり

のために評価不能であった。これを解決する方法としては、2方向投影によるステレオ像や3D-DBI法を現在開発中である¹⁰⁾。

MRIは血流に敏感であるところから、ほかにも種々の血流計測のsequenceが考案されている。例えば、1) presaturation bolus tracking

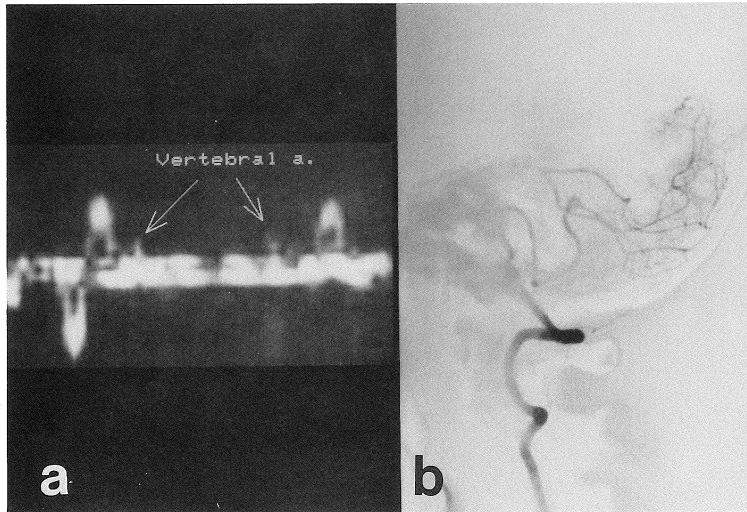


図8. a DBIで、両側の椎骨動脈ピークの著明な低下を認めるが、ピーク幅の減少は認めない。b 右椎骨動脈造影で後下小脳動脈分岐後の脳底動脈が完全閉塞を来している。左椎骨動脈造影でも同様の所見であった。

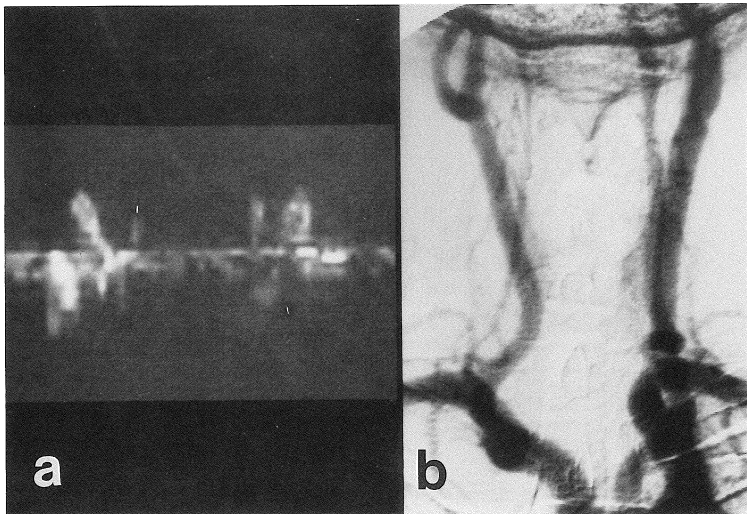


図9. a DBIで、右椎骨動脈のピークの低下とピーク幅の狭小化を認める。b DSA像で右椎骨動脈のhypoplasiaを認める。

法³⁾ 2) spatial modulation of magnetization 法⁴⁾ 3) phase shift 法^{5),6)} 等である。

kraft ら¹¹⁾ はこれらの方法を比較し、DBI 法は projection 法であるため background の signal と前後の血管の重なりが問題であると指摘しているが、これに関しては 3D-DBI やステレオ撮影で対処可能と考えている。また presaturation bolus tracking 法も原理は同一であるが、心電同期法により計測対象の血管ごとに imaging する必要があるためスクリーニングには不向きであると思われる。spatial modulation of magnetization 法では、血管全長に渡って同時に血流計測可能であるが、high flow ではそれぞれの血流量を正確に描出することが困難で、slow flow や CSF flow の描出に有効ではあるが、評価が難しくスクリーニングには不相当と思われる。phase shift 法には位相画像から流速による位相変化分を測定する方法⁵⁾ や slice selection 方向に bipolar gradient を用いて flow encoding する fast fourier flow technique⁶⁾ 等が報告されている。これらは fast flow における位相の折り返しが問題であるが、time of flight 法では検出困難な slow flow に対しては phase shift 法が有効で測定対象の血流速度に合わせた sequence の選択が重要と思われる。頸部血管のスクリーニング法としては、我々が使用した time of flight (3 m/s まで測定可能)¹²⁾ で臨床上一十分であった。

2) DBI で検出された疾患群の評価

DBI で検出された疾患は、subclavian steal syndrome、椎骨動脈および総頸動脈閉塞、脳底動脈閉塞、hypoplasia of vertebral artery であり、動脈瘤例を除いて、めまいの原因としてほぼ想定しうる血管病態をカバーしていると思われる。これらの疾患は subclavian steal syndrome のほかは MRA でも診断可能であり、確定診断のために DSA を実施するまでもないと思われる。subclavian steal syndrome は、症例 1 の如く MRA のみでは見落としてしまい、DBI 等の flow dynamics を得る sequence が必要であ

る。Lanzer¹³⁾ らおよび Guo¹⁴⁾ らは phase contrast cine angiography を報告しておりこれらは MRA と異なり後処理を必要とせず形態の把握も flow dynamics も一度に観察可能な点で有効な検査法と思われる。今後は MRA と DBI を組み合わせ、形態異常を呈している部位での flow dynamics を得るような使い方も重要になってくると思われる。(例えば、MRA 上での血管の非連続性が turbulent flow による変化か血栓による閉塞かの鑑別など)

3) DBI 所見と血管造影所見の相関

a) subclavian steal syndrome に関しては、椎骨動脈の逆方向のピークの描出が diagnostic であった。b) 椎骨動脈や総頸動脈の完全閉塞の例では、ピークの完全欠如もしくはピークの低下を示した。ピークの低下は、閉塞部位と測定部位との間に幾分距離があったためと推定された。c) 脳底動脈閉塞では、閉塞部位と測定部位との間に距離があるため、ピークの完全欠如とはなっていなかった。d) hypoplasia of vertebral artery では、全例でピークの低下と狭小ピーク幅を認めた。なお DBI のもう一つの情報に flow velocity profile image が挙げられ¹⁴⁾、スクリーニングには必要でないと思われ、むしろ MRA 等で異常部位を発見した際にその部位の flow pattern を見るような使用方法になると思われる。しかし、一方でこの方法により flow profile image を得るには、比較的 long TE の scan を必要とするため、血流信号自体が T₁ 緩和に依存することを考えると、信号強度の点で不利な可能性もあり、今後の検討を要すると思われる。以上、DBI は非観血的に頸部血管の異常を把握でき、かつ検査時間もルーチン検査として十分使用可能な sequence であり、めまいを訴える患者には、ルーチン MRI に加えるべき検査法と思われる。

結 語

1) DBI 単独で頸部において総頸動脈および

椎骨動脈の血管障害の有無に関してスクリーニングを試みた。対象 83 例中 79 例に良好な画像が得られ、79 例中 15 例に異常を認めた。異常を認めた全例に血管造影でも異常を確認できた。

2) DBI は約 2 分以内の sequence であり VBI のスクリーニング法として、ルーチンに使用可能である。

3) MRA では、血流情報を欠如しているため、flow information の必要な subclavian steal syndrome を見落とす可能性がある。

文 献

- 1) K. Shimizu et al. : Visualization of moving fluid: Quantitative analysis of blood flow velocity using MR imaging. Radiology, 159 : 195-199, 1986.
- 2) S. E. Maier et al. : Human abdominal aorta: Comparative measurement of blood flow with MR imaging and multigated Doppler US. Radiology, 171 : 487-492, 1989.
- 3) R. R. Edelman et al. : Quantification of blood flow with dynamic MR imaging and presaturation bolus tracking. Radiology, 171, 551-556, 1989.
- 4) L. Axel et al. : MR imaging of motion with spatial modulation of magnetization. Radiology, 171 : 841-845, 1989.
- 5) R. I. Pettigrew et al. : Quantitative phaseflow MR imaging in dogs by using standard sequence; Comparison with *in vivo* flowmeter measurements. AJR, 148 : 411-414, 1987.
- 6) J. Hennig et al. : Quantitative flow measurement with the fast fourier flow technique. Radiology, 166 : 237-240, 1988.
- 7) T. Matsuda et al. : Measurement of aortic blood flow with MR imaging : Comparative study with doppler US. Radiology, 162 : 857-861, 1987.
- 8) T. Tamada et al. : Portal blood flow : measurement with MR imaging. Radiology, 173 : 639-644, 1989.
- 9) 小松崎篤 : めまい—その基礎と臨床—347-358. 医薬ジャーナル社
- 10) 清水公治他 : MR による血流イメージングの検討—Direct bolus imaging 法の応用—日磁医誌, Vol. 10. Supplement-1 : 345, 1990.
- 11) K. A. Kraft et al. : MR bolus-tracking flow imaging : Comparison of several methods. Magn Reson Imag 8, supplement 1 : 14, 1990.
- 12) 西川潤一他 : 頭部 MRI による脳血流, 脳代謝の推定. 画像診断, 10. 5 : 26-31, 1990.
- 13) P. Lanzer et al. : Aortoiliac imaging by projective phase sensitive MR angiography : Effects of triggering and timing of data acquisition on image quality. Magn Reson Imag, 8 : 107-116, 1990.
- 14) Q. Guo et al. : Investigation of blood flow dynamics by NMR angiography. Magn Reson Imag, 8 : 167-172, 1990.
- 15) K. A. Kraft : MR imaging of model fluid velocity profiles. Magn Reson Imag, 7 : 69-77, 1989.
- 16) 清水公次他 : MRI による頭頸部血流イメージング. 日磁医誌, vol 7, Supplement 2 : 115, 1987.

**Direct Bolus Imaging of Cervical Blood
Vessels by Means of MRI
– As a Screening Method for Vertigo –**

Toshihiko SATOH¹, Gen NISHIMURA², Mutsuhisa FUJIOKA,
Tsutomu WATARI¹, Toshihiko MATSUMOTO³, Sumio WASHIYA⁴,
Kiyoshi INOUE⁵, Masatoshi HORITA⁶, Kohji SHIMIZU⁷,

¹*Department of Radiology, Dokkyo University, School of Medicine
880 Kita Kobayashi, Mibu, Shimotsuga-gun, Tochigi 321-02*

²*Department of Radiology, Shimizu Shiritu Hospital*

³*Department of MR Washiya Hospital*

⁴*Department of Plastic Surgery*

⁵*Kujiraya Co. Ltd.*

⁶*Kantou Shimazu Medical*

⁷*Medical System Division, Shimazu Corporation*

DBI is the one of non-invasive method for flow measurements which is based on the bolus tracking technique. DBI permits the direct visualization of flow velocity profiles and vessel band width. We performed screening for cervical vessel disease in patients with vertigo by means of DBI.

MR system used here was 0.5T superconducting imager-SMT-50A (Shimazu Co. Ltd) . Pulse sequence parameters were TR=60ms, TE=5.0 ms, NEX=1, acquisition matrix ; 128×256, slice thickness=5mm, with cardiac gating. Pulse sequence employed a slice selective RF pulse at the level of C5 vertebral body to tag a disk of fluid perpendicular to the direction of flow, followed by a gradient refocused echo. We evaluated each peak height and band width of the common-carotid arteries and the vertebral arteries.

Results were as follows, 1) 79 of 83 cases had optimal examinations, 2) Abnormal findings of DBI were 15 of 79 cases, (including 2 of subclavian steal syndrome, 1 of carotid obstruction, 5 of vertebral obstruction, 1 of basilar artery obstruction, and 6 of hypoplasia of vertebral artery) 3) The abnormal findings of DBI were well correlated with those of angiographic examinations.

We concluded that DBI was suitable to screening for cervical vessel diseases in patients with vertigo, and should be added to the routine MR studies.