

脳神経外科日常診療におけるASL画像と3D-T1 volume画像をfusionした画像の有用性

◆Summary

Evaluation of cerebral blood perfusion is important in routine neurosurgical practice. In recent years, MR-based arterial spin labeling (ASL) has become widely used to evaluate cerebral blood perfusion. The greatest advantages of ASL are its short imaging time and the fact that it does not require the administration of exogenous tracers, making it cost-effective and repeatable. 3D-T1 volume imaging is an imaging method that can obtain 1mm slice T1-weighted images in three directions (axial, coronal, and sagittal) in about 5 minutes. The GE 3.0T MR imaging system "Signa Pioneer" is equipped with software that allows easy fusion of ASL and 3D-T1 volume images without the need for a separate workstation. This paper describes the usefulness of this function.



鈴木氏

福岡輝栄会病院 1 副院長・脳神経外科部長 2 同放射線部 診療放射線技師

鈴木 聡¹ 山口 博司²

要旨：脳神経外科日常診療において脳血液灌流の評価が必要な場面は少なくない。近年MRを用いたarterial spin labeling (ASL)による脳血液灌流の評価が広く行われるようになった。外因性トレーサーの投与を必要としないためコストがかからず繰り返し撮影できることが最大のメリットである。また撮像時間は5分ほどと短い。一方、空間分解能が低いため、病変部の解剖学的位置を把握するのが容易ではない。3D-T1 volume撮影は、5分ほどで1mmスライスのT1強調画像を軸位断、冠状断、矢状断の三方向で得ることができる撮像法である。GE社製3.0T MR撮影装置「Signa Pioneer」では、3D-T1 volume撮影で得た画像にASL画像を簡単にfusionする機能が付属している。本稿ではこの機能の有用性について述べる。

はじめに—ASL—T1 fusion画像とは

脳神経外科日常診療において脳血液灌流計測を行う臨床的な病態は、脳血管障害、脳腫瘍、認知症、てんかんなど多岐にわたる。以前より、組織拡散トモグラフィーを用いたsingle photon emission computed tomography (SPECT)、またpositron emission tomography (PET)が施行されてきた。PETでは設備投資に莫大な資金が必要であり、またSPECTについても核種が高価であるために、保険診療上、繰り返し行うことが難しい。近年では、CTやMR装置を用いて造影剤を急速に静脈内に投与する方法も普及している。それでも造影剤投与に伴うアレルギー、血管内漏出、コスト増など多様な問題を伴う。

ASL法は動脈血のプロトンを標識してトレーサーとして用いる撮像法であり、外因性トレーサーの投与を必要とせず、採血によるトレーサー濃度の測定も不要な画期的な脳灌流定性的検査である。撮像

時間は5分程度で放射線被曝もないため、簡便に繰り返し施行できることも大きな利点である。

ASL法は標識の方法によってpulsed ASL (pASL)、continuous ASL (cASL)、そしてその中間のpulsed-CASL (pCASL)に分類される。radio frequency (RF) pulseを用いて脳に流入する動脈の上流側に反転RFパルス (inversion pulse: IP)を約1.5秒間照射方法が断続的であるものがpCASLであり、RFエネルギーの生体への吸収量を規定レベル内に抑えることができ、CASLと同等の標識効果が得られる。また、CASL同様にsignal to noise ratio (SNR)が高^{3,4}。GE社製の3.0T MR撮影装置「Signa Pioneer」ではASL法における標識の方法として、pCASLを採用している。

このように有用性の高いASLであるが、大きな欠点もある。それは空間分解能の低さである。画素が荒いためにASL画像のみ見ても、解剖学的な病変部位がわかりにくい。一方、3D-volume法によるT1画像は空間分解能に著しく優れ、撮像時間は4分54秒である。GE社製3.0T MR撮影装置である「Signa Pioneer」にはASLと3D-volume法によるT1画像をfusionさせるソフトウェアが予め搭載されており、他のワークステーションを用いることなく簡単にfusion画像を作成することができる。この方法を用い、脳神経外科臨床の場におけるASLと3D-T1 volumeをfusionした画像 (ASL-T1 fusion画像)の有用性につき検討した。

NCS&C

ASL—T1 fusion画像の有用性

けいれん性てんかんの診断は容易であるが、NCS

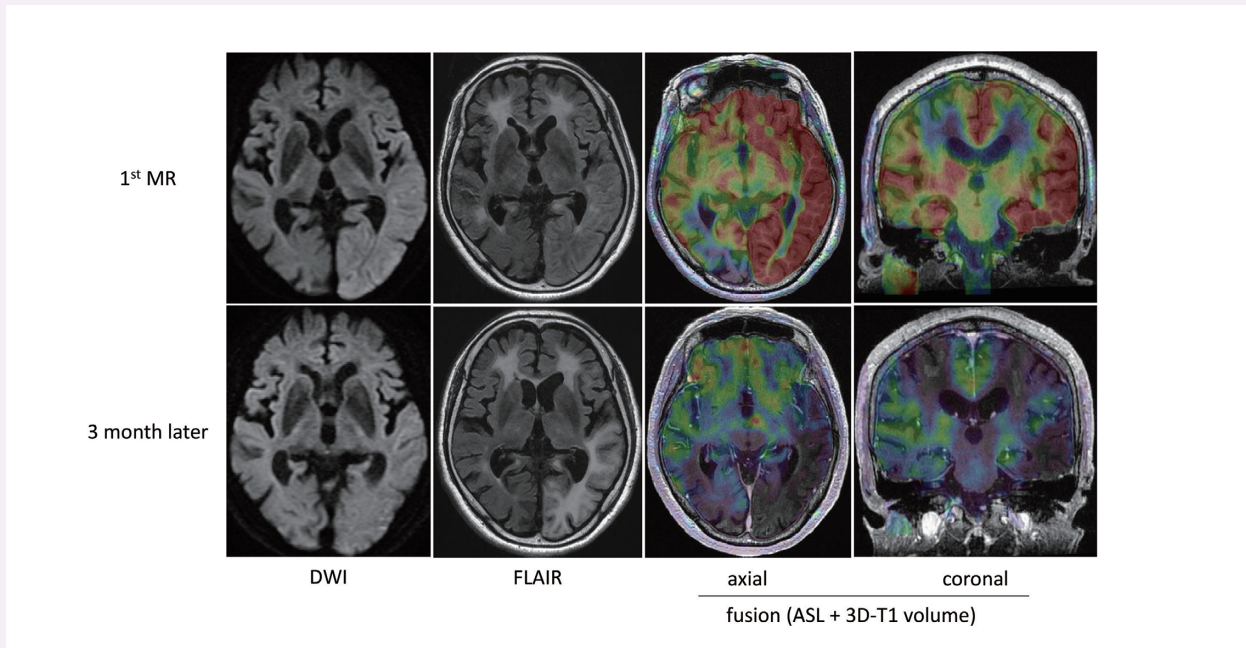


図1

E (non convulsive status epilepticus) 非けいれん性てんかん重積状態) の場合は、本病態を疑って検査しないことには診断にたどり着くことはできない。NCSEは救急搬送患者の意識障害の原因として重要な鑑別診断の1つである。特に、高齢者ではNCSEが意識障害の原因となっていないことが少なくない。NCSEは、治療の遅れによって脳に非可逆的な変化をもたらす。従って原因が明らかでない意識障害例では積極的にNCSEを疑って検査を行う必要がある。てんかんの確定診断は脳波検査によって下されるが、MR検査はより簡便であり、脳波判読のような高度な熟練は必要としない。当院では必要時には迅速にMR検査を施行することができる。NCSEにおいては皮質にDWI高信号、ASL高信号が見られることが多い。ASL-T1 fusion画像では解剖学的な位置の把握が容易であり、視覚的效果も高い。患者家族への説明の有用なtoolにもなる。

図1は3週間くらい前から活気がなくなり、徐々に前後不覚状態になったことで当院に緊急入院となった73歳女性例である。上段に入院翌日の初回MR画像を示す。

左側頭葉から頭頂葉を中心に、大脳皮質にDWI高信号がみられ、FLAIRでは脳溝はwhiteになっていいる。左大脳半球に広汎なASL高信号域が広がっており、ASL-T1 fusion画像にて解剖学的な広がり容易に理解できる。脳波

検査にててんかん重積状態であることが確認された。てんかん重積状態に対する治療を行い、JCSⅢ桁ではぼぼ寝たきりの状態から、屋外歩行も可能なレベルになった。日常会話に支障はないが高次脳機能障害が残存している。経時的にASL高信号域は徐々に低信号化し、脳萎縮が目立つようになった(下段、初回MR検査から約3カ月後)。

また、脳梗塞にて入院中の患者に変動する麻痺が出現するような場合、ASL-T1 fusion画像にて脳虚血による症状なのか、NCSEであるのか容易に鑑別することができる。

虚血性脳血管障害でのASL-T1 fusion画像の有用性

虚血性脳血管障害患者において、ASLは有用な脳循環評価法である。特に、超急性期から急性期で核種など留意する時間がなく、その有用性が高い。DWI画像と組み合わせれば、diffusion-perfusion mismatchを容易に推測することができる。経静脈的、または経皮的血行再建治療を行う場合には、Door to needle、或いはDoor to punctureの時間を短くするためにT1強調画像など、必ずしも必要でないsequenceを省略することが少なくない。このような場合は、細かな解剖学的広がりを把握しなくても十分なことが多いので、ASLとDWI、それにMRA画像だけでも十分である。

一方、超急性期でない急性期、あるいは亜急性期においては、再開通に伴う過灌流の有無などを見ることによっては、その後の血圧コントロールや抗血栓療法などの時期を決定する。そのような場合、解剖学的部位の把握が重要でありASL-T1 fusion画像が役に立つ。

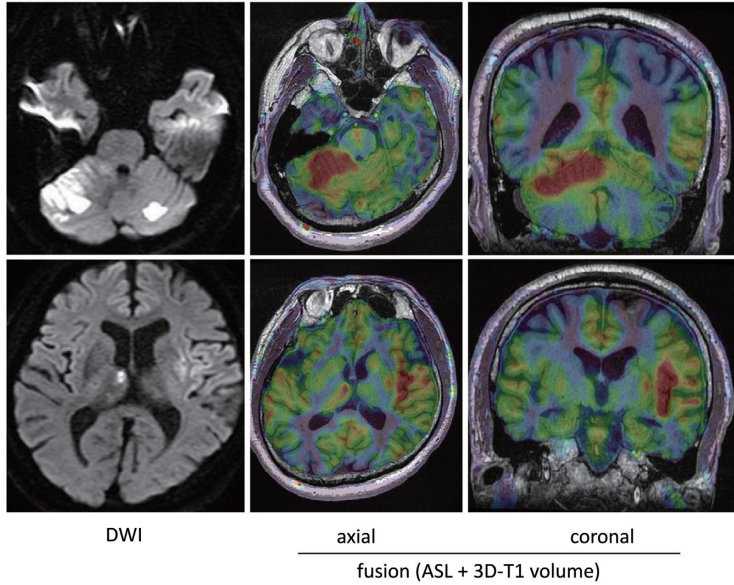


図2

図2は60歳の非弁膜症性心房細動患者のMR画像である。意識障害にて当院に救急搬送され、MRAにて脳底動脈先端部の閉塞が確認された。アルテプラーゼによる経靜的血行再建療法を行い、意識レベルは劇的に改善した。経皮的血行再建術も視野に、血管撮影を行ったが、すでに脳底動脈は再開通していた。DWIでは右V左の上小脳動脈領域の梗塞と

右視床梗塞が見られた。その2日後に、今度は左内頸動脈先端部から中大脳動脈水平部の閉塞を来し、経皮的血行再建術を行った。TICI3の完全再開通が得られた。図2はその翌日に撮影したMR画像である。一部過灌流領域があり、厳密な血圧のコントロールが必要である。また、抗凝固療法が必要ではあるが、出血のリスクも高いことがわかり、本人

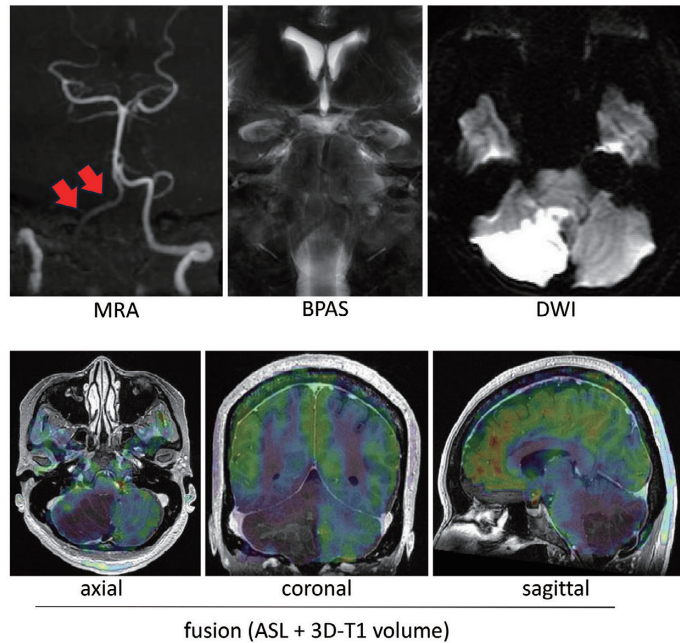


図3

や家族に対して十分な説明をすることができる。血管が再開通した場合は過灌流を来す可能性が大いにあり、ASL-T1 fusion画像が役に立つ。図3は、右椎骨動脈狭窄に伴う右後下小脳動脈閉塞によって同領域の広汎な脳梗塞をきたした50歳女性である。その後再開通はなく、アテローム血栓症の可能性が高いことがわかる。また、過灌流域も

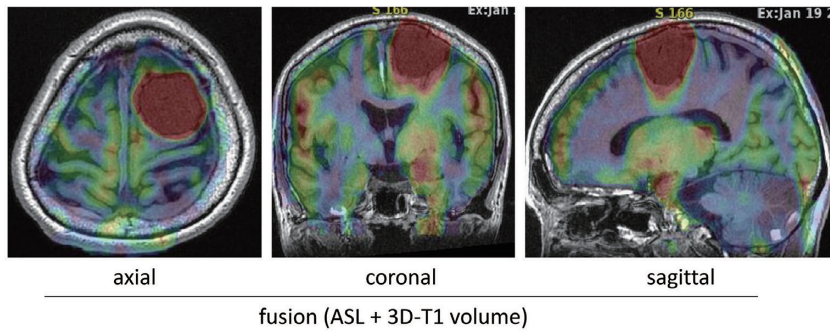


図4

ないので、必要に応じた昇圧や早期の抗血小板療法を行っても出血のリスクは低いことが推測できる。

脳腫瘍検査における ASL-T1 fusion画像の有用性

脳腫瘍は血流豊富なものもあれば、そうでないものもある。しかし、解剖学的位置の把握は極めて重要である。髄膜腫は一般的に血流豊富な腫瘍であり、ASLにて高信号を呈することが多いと考えられる。図4は頭部外傷の検査によって偶発的に見つかった61歳女性の左前頭葉傍矢状洞髄膜腫である。ASL高信号であり、血流が豊富であることが示唆される。年齢も考えると今後増大する可能性が高く、早期の手術が望ましいと判断した。

一方、髄膜腫でもASL高信号とならないケースも経験している。その中には経時的に緩徐ではあるが増大しているものであったり、周囲に浮腫を来して症候性となったものであったりする。また、ガンマナイフ後の髄膜腫で経時的に変化が見られないものもASLにて低信号¹等信号であった。ASL画像の所見と腫瘍の増殖能力については、腫瘍の種類毎に今後更なる観察が必要であると考ええる。

結語

望まれるASL-T1 fusion画像の普及

ASLもT1強調画像も、一般的なMR撮像法である。しかし、3D-T1 volume法は今ひとつ普及しておらず、更にASL-T1 fusion画像が容易に作成できることとなると殆ど知られていないと思

われる。実際筆者も、現在のMRが導入されて6年経つが、ASL-T1 fusion画像が容易に得られることを知ったのは比較的最近のことである。この撮像法が広く普及することによって、疾病の早期診断早期治療が進み、より高い治療効果を得ることができるようになることを望むばかりである。

参考文献

- 1 Detre JA, Leigh JS, Williams DS, et al.: Perfusion imaging. *Magn. Reson. Med.* 23: 37-45, 1992
- 2 Dai W, Garcia D, de Bazelaire C, et al.: Continuous flow-driven inversion for arterial spin labeling using pulsed radio frequency and gradient fields. *Magn. Reson. Med.* 60: 1488-1497, 2008
- 3 Alsop DC, Detre JA, Golay X, et al.: Recommended implementation of arterial spin-labeled perfusion MRI for clinical applications: a consensus of the ISMRM perfusion study group and the European consortium for ASL in dementia. *Magn. Reson. Med.* 73: 102-116, 2015
- 4 長濱宏史・庄内孝春・高島弘幸・平野透・鈴木淳平・櫻井佑樹: MRIによる灌流計測の原理と臨床応用。医学物理第36巻第2号103-109 (2016)
- 5 Abe K, Shimogawa T, Mukae N, et al.: Detection of ictal and perictal hyperperfusion with subtraction of ictal-interictal 1.5-Tesla pulsed arterial spin labeling images co-registered to conventional magnetic resonance images (SIACOM). *Surg Neurol Int.* 14:84, 2023

※ ※

鈴木聡 (すずき・さとし) ●60年埼玉県生まれ。85年九州大学医学部卒業、同年脳神経外科入局。92年同大学院修了。医学博士。92年米国ヴァージニア大学脳神経外科交換研究員。94年九州大学病院脳神経外科助手。97年新古賀病院脳神経外科部長。05年新日鐵八幡記念病院(現製鉄記念八幡病院)脳神経外科部長、脳卒中センター長を経て、14年より現職。

山口博司 (やまぐち・ひろし) ●73年福岡県生まれ。95年岡山大学医療技術短期大学部診療放射線技術学科卒業。福岡輝栄会病院放射線部。第一種放射線取扱主任者。