

# AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

てんかんをめぐって (2014.12) 33:43-48.

Arterial Spin Labeling による運動・言語機能評価

広島 覚、小川 博司、安栄 良悟、鎌田 恭輔

## Arterial Spin Labeling による運動・言語機能評価

広島 覚、小川 博司、安栄 良悟、鎌田 恭輔

### 要 旨

脳機能を評価できる機能MRI (fMRI) は脳血流の変化を用いて解析する方法である。近年MRIで脳血流評価を評価する新しい方法としてArterial Spin Labeling (ASL) がある。fMRIと同様に血流を評価できるASLを用いて脳機能評価が可能であるかを検討した。6名の健常ボランティアにMRIとASLを用いて運動課題と言語課題の脳機能評価を行った。運動課題において6名全員でfMRIとASLで脳機能局在の評価が可能であった。言語機能課題では、fMRIは6名でASLは4名で評価できた。fMRIとASLでは賦活領域に若干の違いは存在するものの、ほぼ同じ領域を検出する事ができた。ASLはfMRIに比べ検出能力は低いが解像度や画像の歪みなどで勝っており、今後はfMRIよりもASLは正確な脳機能を描出できる方法になると考えられた。

key word: ASL, fMRI, brain function, motor task, language task

### はじめに

現在の脳血液灌流の検査法は一般的にSPECTが用いられている。しかしそれらは、被爆、限られた施設、撮像時間が長いといった制限があるため簡単に検査できない。また、正確な位置を同定するにはMRIより解像度が低い。MRI装置で血液灌流を測定する方法として、一つは造影剤を使用するDynamic Susceptibility Contrast法と、もう一つは造影

剤を使用しないArterial Spin Labeling (ASL) 法がある。これらの大きな違いはトレーサである。造影剤という外因性のトレーサを用いて検査する方法と、自分の血液をラベリングし造影剤の代わりとする内因性のトレーサを用いて検査する方法である。内因性のトレーサの短所は造影剤に比べ信号雑音比 (signal-noise ratio : SNR) が低いためコントラストが低い。しかし、造影剤を使用せず、自分の血液をトレーサとして用いているため、生理的な拡散性であり理想的なトレーサといえる。ASLは1990年代後半から研究されているが、最近MRI装置の機能の向上とともにASLの描出も改良されている。現在では、急性期脳梗塞をはじめとする脳血管障害の診断や、脳腫瘍診断、けいれんの診断に用いられるようになってきた。さらに、このASLは脳血液の灌流を評価することができるので脳機能診断に利用することも試みられている<sup>1)</sup>。

今回我々の施設に導入されたGeneral Electric Company (GE社)の最新型MRIではこのASLの機能が格段に向上した。これまでの低いSNRは磁場強度が3Tで32チャンネルヘッドコイルを用いて改善している。さらに血液をラベリングする技術改良し、pulsed-continuous ASL (pCASL)を用いてSNRを向上させられている。また、撮像時間も1分30秒まで短縮させても評価できるようになった。MRIは画像の歪みのアーチファクトを考慮しなくてはならない。これまで2次元のecho planar imaging (2D-EPI) という歪みが強いASL画像から、

三次元で歪みが少ない spin echo 法を用いて、spiral にデータを採取することで短時間にデータを採取する spiral spin echo (3D-FSE) を利用できるようになった。これにより短時間に全脳をカバーできる枚数を撮像し、アーチファクトにも強い画像が取得できるようになった。

そこで MRI で血流の変化を捉えることによって機能評価する機能 MRI (fMRI) と同様に、この pCASL でも機能評価可能であるかどうか検証した。

## 対象および方法

当大学学生の健常ボランティア 6 名 (男性 4 名・女性 2 名) に fMRI と pCASL を施行した。課題は運動課題として右指タッピング課題と言語課題は語彙決定課題を行った。指タッピングは拇指と他の 4 指の対立運動を遂行してもらった。言語課題は MRI 専用モニターに提示されるひらかな 3 文字が触れるものか触れないものかを考えてもらう課題とした。MRI は Discovery 3T (GE 社、U.S.) を用いた。fMRI は安静時と課題提示時を 20 秒交代で提示するブロックデザインで統計学的に 95% を有意とした<sup>2)</sup>。fMRI の EP I は field of view (FOV) 24cm, matrix 64, slice 厚 4 mm。課題提示ソフトは presentation (Neurobehavioral Systems 社、U.S.) を使用した。pCASL を用いて血流量を定量化した画像を作成し、課題提示時画像から安静時画像の値を引き算して血流の評価を行った。運動課題、言語課題ともに 1 分 30 秒の課題提示でデータを取得した。pCASL の 3D-FSE は FOV 24, slice 厚 5 mm, arm 6, point 8, number of excitations (NEX) 1 とした。画像解析は Dr. view (インフォコム社) を使用した。fMRI と pCASL で得られた脳機能活動を SPGR で撮影した 3D 構造画像と fusion して活動領域を同定した。fMRI と ASL に関する研究は当院倫理委員会の承認を取得済みである。

## 結 果

fMRI は運動課題と言語課題において 6 名全員で BOLD 信号の変化を検出する事が可能で

あり、統計学的に有意な領域を同定することが可能であった。一方、pCASL では運動課題は 6 名 (100%) で、また、言語課題では 4 名 (67%) で血流上昇の変化が検出された。これらから、pCASL では fMRI に比べ検出力がやや劣っていたといえる。さらに、fMRI と pCASL の血流上昇領域の分布にわずかなずれが検出された。

代表症例 3 例を提示する。運動課題では症例 A、B、C それぞれにおいて fMRI と pCASL とともに左中心溝付近と左補足運動野に血流上昇の領域が存在していた (図 1)。左中心溝付近では、fMRI は pCASL よりもやや後方に血流上昇領域が見られ、わずかなずれが存在していた。

言語課題においても症例 A・B は左下前頭回に C は右下前頭回に血流上昇領域が見られ、fMRI と pCASL はほぼ同じ領域に血流変化が見られた (図 2)。しかし、運動課題と同様に血流上昇領域にはわずかな分布の違いが存在していた。

## 考 察

pCASL においても fMRI とほぼ同じ領域に血流上昇を確認できた。このことから、pCASL でも十分に機能局在を診断できると考えられた。しかし、2 つ点でわずかな違いが存在した。一つは検出率の差で、もう一つは分布のずれの存在である。

一つ目の検出率の差については、課題提示方法の違いが関与していると考察される。脳が活動することにより脳の局所血流が増加することが知られている<sup>3,4)</sup>。我々の研究では課題提示から約 4 秒後に fMRI の信号値が増加するが、課題を継続すると経時的に信号値が減衰していくのが確認された。すなわち、課題提示後から血流が上昇し徐々に血流が低下していく現象がみられた。この現象は課題による脳の慣れが関与していると推測される。fMRI は 20 秒間の課題提示であるため、解析にはその減衰分は小さい。しかし、pCASL は 1 分 30 秒の課題提示であるため、その間の血流低下による信号値の低下も大きい。それが検出力の低下につながるものと考えられる (図 3)。その為、今後は pCASL

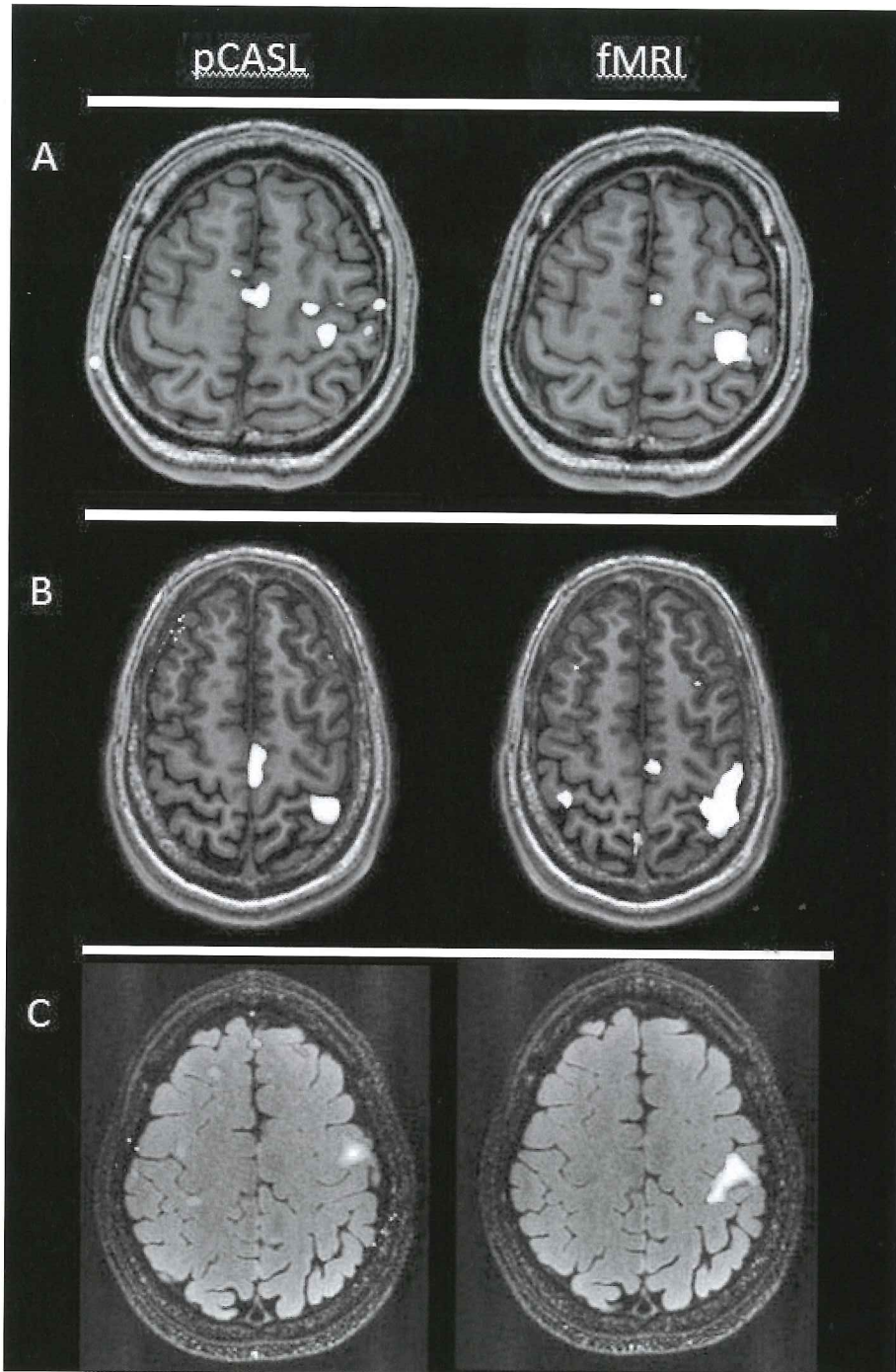


図1 運動課題の fMRI と pCASL

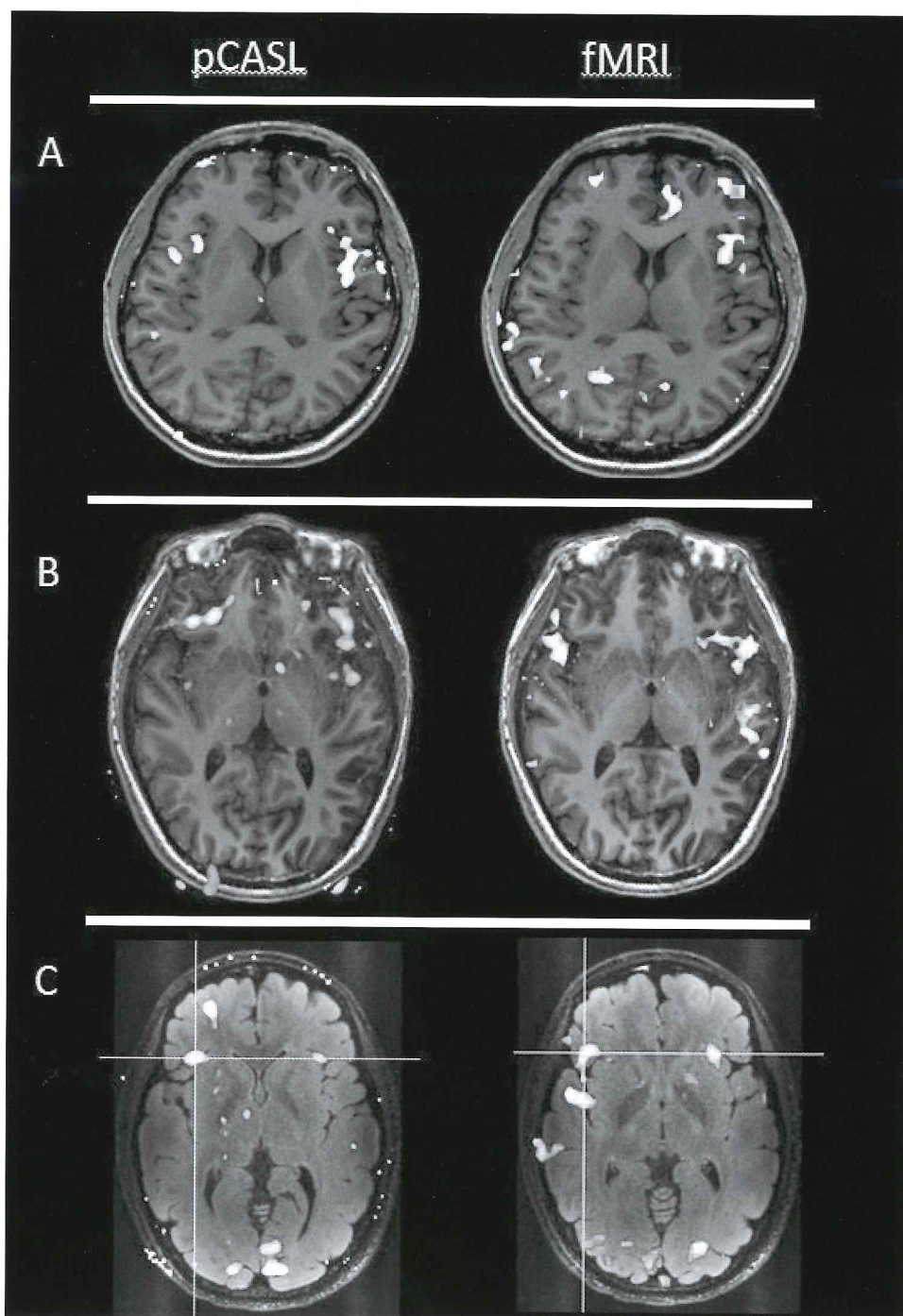


図2 言語課題の fMRI と pCASL

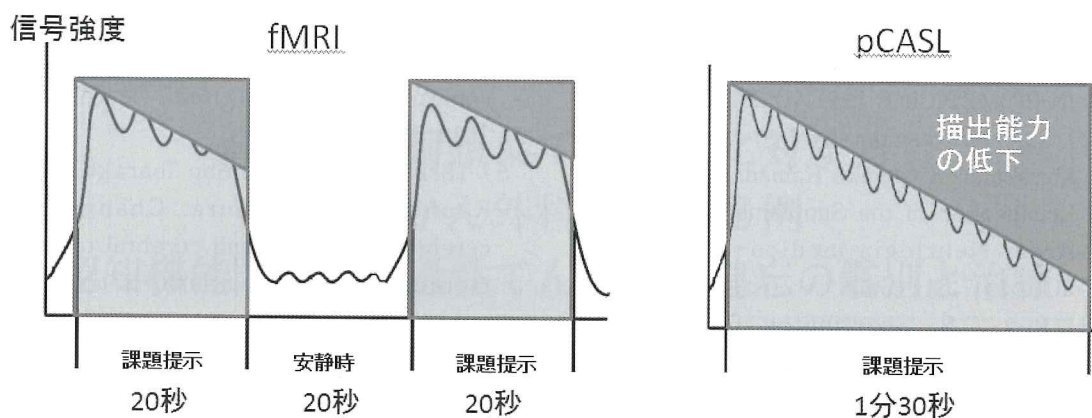


図3 fMRI と pCASL の信号強度変化：fMRI は20秒間の信号強度低下に対して、pCASL は1分30秒の信号強度低下が持続的に起こる。

の撮像時間を短縮することで血流低下の影響を少なくする研究が必要である。

また、fMRI は課題提示と安静時を交互に3セット提示し合計35スキャン分の脳のデータを統計解析するのに対し、pCASL は1回分の差のみを計算している。すなわち2回分の脳のデータの解析結果であるため、検出力の低下につながると思われる。

二つ目の分布のずれに関して、fMRI と pCASL の評価対象の違いが推測される。fMRI は主に酸素代謝を受けた後の血流を評価する BOLD 効果を利用している。そのため、評価している領域は主に静脈の灌流領域で、その血流変化を評価している。一方 pCASL は血流の増加を評価している為、動脈から毛細血管の灌流領域を評価している。この静脈系と動脈系の分布の差が活動のわずかなずれを生み出していると推測される。一方、Ito (2005) ら<sup>5)</sup> は、BOLD 効果の反応は数%程度であるのに対し、血流増加は40%以上に達するという報告をしている。我々の pCASL を用いた検査で運動課題における一次運動野の血流上昇が50%近くに達する症例もみられた。pCASL の血流増加の方がより信号変化をとらえられやすく、また、わずかな BOLD 効果の変化を統計的に検査するよりも血流増加を調べる方が血流変化の信頼性が高いと考えられる。さらに pCASL は血液量の定量評価ができるため、どの程度血流が変

化しているのか客観的な増加量を知ることが可能である。それにより、部位別の血流増加量から反応性の違いを知り活動の優位性も検討することができる。

また、図1と図2において pCASL が fMRI よりも活動範囲が狭く描出されている。これも fMRI と pCASL の評価対象の違いに由来するものと思われる。fMRI は静脈系の評価で広く代謝が行われた後の太い静脈の評価であるのに対し、ASL は活動している脳組織に流入する限局した動脈の評価であるため、活動範囲が特異的に描出されていると考えられる。

pCASL は未だ発展中の MRI シークエンスであり、fMRI よりも脳機能の検出率は低い。しかし、改良を重ねることで fMRI を超えた脳機能画像を作成する事が期待できるものであった。pCASL の利点である解像度が高い・歪みが小さい、高い生体反応を解析に利用すること、そして血液量の定量が可能であることを用いることで、今まで評価が困難であった頭蓋底部の評価、fMRI では描出しにくい T2WI で高信号領域、そして病巣周囲の脳機能評価も診断できるものと考えられる。

## 文 献

- 1) Eric C. Wong, Richard B. Buxton, Lawrence R. Frank. Implementation of Quantitative Perfusion Imaging

- Techniques for Functional Brain Mapping using Pulsed Arterial Spin Labeling. *NMR IN BIOMEDICINE* 1997;10:237-249
- 2) Satoru Hiroshima, Ryougo Anei, Noboru Murakami, Kyousuke Kamada. Functional Localization of the Supplementary Motor Area. *Neurlogia medico-chirurgica* 2014;54:7:511-520
- 3) Roy, C.S., Sherrington, C.S. On the regulation of the blood-supply of the brain. *J. Physiol* 1890;11:85?158, 117.
- 4) Helene Raoult, Jan Petr, Elise Bannier, Aymeric Stamm, Jean-Yves Gauvrit, Christian Barillot, Jean-Christophe Ferre. Arterial spin labeling for motor activation mapping at 3T with a 32-channel coil: Reproducibility and spatial accuracy in comparison with BOLD fMRI. *NeuroImage* 2011;58:157-167
- 5) Hiroshi Ito, Masanobu Ibaraki, Iwao Kanno, Shuichi Miura. Changes in cerebral blood flow and cerebral oxygen metabolism during neural activation measured by positron emission tomography: comparison with blood oxygenation level-dependent contrast measured by functional magnetic resonance imaging. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism* 2005;25:371-377

Evaluation of the brain function at motor and language task using Arterial Spin Labeling.

Hiroshima Satoru, Ogawa Hiroshi, Anei Ryougo, Kamada Kyousuke  
Department of Neurosurgery, Asahikawa Medical University  
1-1-1 Higashi 2 Midorigaoka Asahikawa Hokkaido 078-8510

Functional MRI (fMRI) is a method of analyzing brain function using the change of cerebral blood flow. Arterial Spin Labeling (ASL) is a novel method for evaluating the cerebral blood flow evaluation using MRI. As well as the fMRI, we investigated whether the brain function can be evaluated using the ASL capable of capturing a change in blood flow. We evaluated brain function of language tasks and motor tasks using ASL and fMRI to six healthy volunteers. All six volunteers could be evaluated motor function area using ASL and fMRI. In language tasks, all six could be evaluated language area using fMRI, but only four out of the six volunteer could be evaluated the area using ASL. Slight differences are present in the activated area among ASL and fMRI, but these were able to detect approximately the same area. Compared to the fMRI, now detection capability of ASL is low, but this novel technique is superior in the distortion of the image and resolution. In the future, ASL will be become the method that can visualize the more accurate brain function than fMRI.

key word: ASL, fMRI, brain function, motor task, language task