

# Pseudo Continuous Arterial Spin Labeling (PCASL) による 頭蓋内非造影 Volumetric Time-Resolved MRA [大会長賞記録]

中村理宣<sup>1</sup>, 米山正己<sup>1</sup>, 田渕隆<sup>1</sup>, 武村濃<sup>2</sup>,  
小原真<sup>2</sup>, 高原太郎<sup>3</sup>, 辰野聡<sup>1</sup>

<sup>1</sup>八重洲クリニック <sup>2</sup>フィリップスエレクトロニクスジャパン  
<sup>3</sup>東海大学工学部医用生体工学科

## はじめに

脳動静脈奇形やもやもや病など脳血管障害の診断と治療には、詳細な血管構築と血行動態の把握が必要であり、特に、側副循環の識別は再発する脳卒中の危険性評価に重要である<sup>1),2)</sup>。近年われわれは pulsed arterial spin labeling (PASL)<sup>3),4)</sup>の手法である flow-sensitive alternating inversion recovery<sup>5)</sup>を利用し、高空間分解能と高時間分解能を可能とした非造影 time-resolved MRA を報告した(contrast inherent inflow enhanced multi phase angiography; CINEMA)<sup>6)</sup>。

今回、ラベリング効率向上および time-arrival-map (TOA map) 作成を目的にラベリングタイプを pseudo continuous ASL (PCASL)<sup>7)</sup>に変更した非造影 time-resolved MRA を考案し臨床での可能性を評価したので報告する。

## 方 法

本法は 3D T<sub>1</sub> turbo field echo (3D-T<sub>1</sub>-TFE) に Look-Locker 法<sup>8)</sup>を併用した 4D-T<sub>1</sub>-TFE を用い、ラベリング直後から次のラベリング開始時 (cycle duration) まで繰り返し収集を行い遅延時間 (TI<sub>1</sub>~TI<sub>N</sub>) の異なる複数のラベリ

ング画像と、ラベリングを加えていないコントロール画像をそれぞれ取得する。この過程で得たコントロール画像は対象とする全組織が緩和過程に伴った信号強度を示し、ラベリング画像はラベリングされた血液のみが緩和過程とは異なる信号強度を示す。データ収集後、コントロール画像からラベリング画像を差分することにより静止組織からの信号は完全に排除され、ラベリングされた血液のみを描出する (Fig. 1)。

使用装置には 3T MRI 装置 (フィリップス社製) を用い、当院倫理委員会の承認を得たボランティア (10 名) および脳血管障害が疑われた 2 症例の頭蓋内動脈を対象とした。ボランティアおよび症例撮像では PCASL のラベリング時間を 450 ms、ラベリング後の遅延時間を 75 ms とし、200 ms 間隔で 2.0 s までデータ収集を行った。TOA map は簡易 DICOM ビューワーを用い、各時間軸を線形補間した Look up table を作成し時間軸に対応した画像をフィッティングした。

評価方法は、解剖学的構造について 3D-TOF MRA と比較し、本研究における観察者評価に対し同意を得られた 2 名の放射線科専門医により視覚評価を行った。評価結果に対し、Cohen の kappa 統計量 (kappa coefficient,

キーワード CINEMA, time-resolved MRA, PCASL, non-contrast MRA

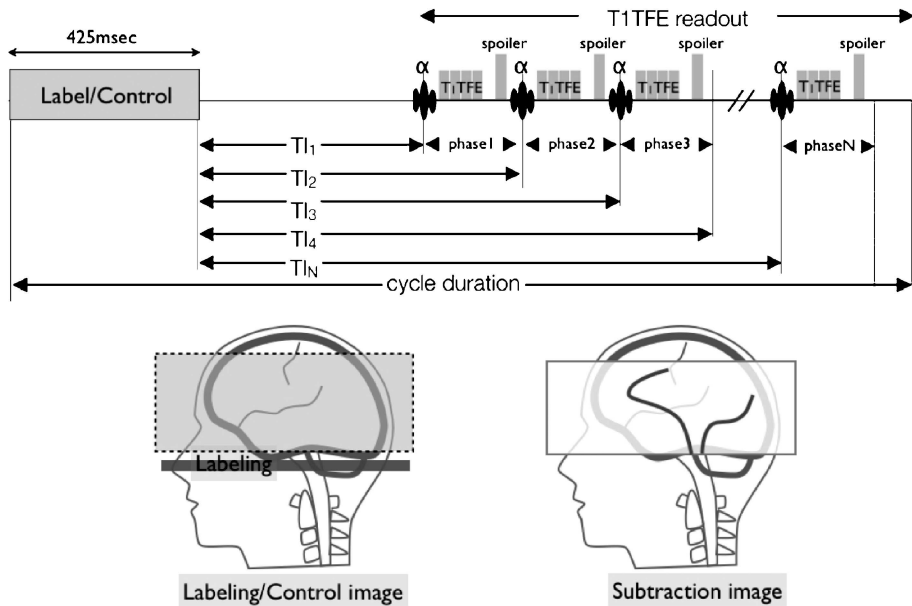


Fig. 1. Schematic of the sequence for CINEMAPCASL  
 CINEMA-PCASL technique combines multiple phases PCASL with 3D T1TFE sequence.  
 Labeling geometry show imaging slab, Labeling plane is indicated as narrow line.

kappa statistics) を求めた。

### 結 果

PCASL をラベリングに用いた非造影 time-resolved MRA である本手法は、流入血液の経時的变化を 200 ms で観察することが可能であった (Fig. 2)。また、TOA-map も良好に作成された。3D-TOF MRA で描出された血管との血管形態を調べるための視覚評価の結果、すべてのボランティアおよび症例において、本手法で描出された血管形態は 3D-TOF MRA と良好に一致した (K=0.95, 95% confidence interval [CI]: 0.61-1.0)。

### 考 察

PCASL は比較的長い時間血液を連続的にラベリングし、ラベリングされた血液は定常的に撮像領域に流入する。そのため 1 回の RF パルスによって血液を反転する PASL と比べ高い SNR を有した灌流画像を得ることができる。しかし、PCASL を用いた time-resolved MRA の場合、長いラベリング時間を設定するとラベリングされた血液が末梢血管に到達した状態から 1Phase 目の収集が開始されてしまい、撮像領域に流入する直後からの血液を観察することは困難である。そこで本手法は灌流評価のラベリング時間と比べ極端に短い 450 ms を用いることで流入直後からの経時的变化の観察を可能とした。

PCASL は、狭い領域の血管に対しラベリン

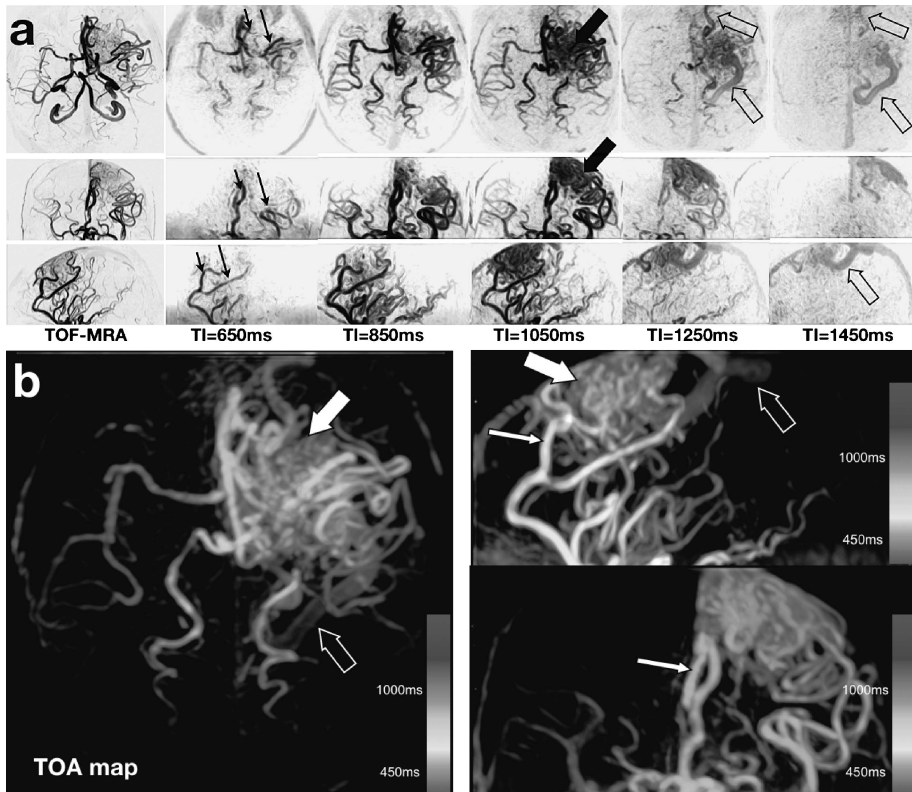


Fig. 2. 32 years old man with large AVM in the left temporoparietal lobe

a) The selected orthogonal MIP images of CINEMA-PCASL show the arterial feeders from the left middle cerebral artery (thin long arrow), the anterior cerebral artery (thick long arrow), nidus (short arrow), and superficial venous drainage (open arrow).

b) Time-of-arrival color map is able to show differential filling rates for the arterial supply to AVMs; warm colors indicate early arrival of blood, whereas cold colors indicate later arrival.

グを行うため、広い領域にラベリングを行う PASL と比べラベリングポイントによる到達時間差が少ない。今回の検討でラベリングパルスを押加する血管の体積×ラベリング時間分の血液が、ポーラス性をもって経時的に移動することが確認できた。血液信号のポーラス性は各到達時間のオーバーラップを少なくし TOA-map の作成において正確なカラー表示が提供できると考えられる。

## 結 語

PCASL と 4D-T<sub>1</sub>TFE シーケンスの組み合わせにより流入血液の経時的变化を 200 ms で観察することが可能であった。また TOF-MRA と同等な高い空間分解能を示し、AVM など脳血管障害の臨床評価に有効な情報を提供することが示唆された。

## 文 献

- 1) Hadizadeh DR, von Falkenhausen M, Gieseke J,

- et al. : Cerebral arteriovenous malformation : Spetzler-Martin classification at subsecond-temporal-resolution four-dimensional MR angiography compared with that at DSA. *Radiology* 2008 ; 246 : 205-213
- 2) Fasulakis S, Andronikou S : Comparison of MR angiography and conventional angiography in the investigation of intracranial arteriovenous malformations and aneurysms in children. *Pediatr Radiol* 2003 ; 33 : 378-384
  - 3) Edelman RR, Siewert B, Darby GD, et al. : Signal targeting with alternating radiofrequency (STAR) sequences : application to MR angiography. *Magn Reson Med* 1994 ; 31 : 233-238
  - 4) Edelman RR, Sievert B, Wielnypolski P, et al. : Noninvasive mapping of cerebral perfusion by using EPISTA MR angiography. *J Magn Reson Imaging* 1994 ; 68 : 776-787
  - 5) Kim SG, Tsekos NV : Perfusion imaging by a flow-sensitive alternating inversion recovery (FAIR) technique : application to functional brain imaging. *Magn Reson Med* 1997 ; 37 : 425-435
  - 6) Nakamura M, Yoneyama M, Tabuchi T, et al. Non contrast 3D volumetric time-resolved MRA combining multiple phase FAIR (CINEMA-FAIR). In : *Proc Intl Soc Magn Reson Med* 2011 ; 4036
  - 7) Dai W, Garcia D, de Bazelaire C, Alsop DC : Continuous flow-driven inversion for arterial spin labeling using pulsed radio frequency and gradient fields. *Magn Reson Med* 2008 ; 60 : 1488-1497
  - 8) Look DC : Time saving in measurements of NMR and EPR relaxation times. *Rev Sci Instrum* 1970 ; 41 : 250-251

## **Non-contrast-enhanced 3D Volumetric Time-resolved MRA Combining PCASL for Intracranial Vessels [President Award Proceedings]**

Masanobu NAKAMURA<sup>1</sup>, Masami YONEYAMA<sup>1</sup>, Takashi TABUCHI<sup>1</sup>,  
Atsushi TAKEMURA<sup>2</sup>, Makoto OBARA<sup>2</sup>, Taro TAKAHARA<sup>3</sup>  
Satoshi TATSUNO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Yaesu Clinic*

*C-road Bldg 4F, 2-1-18 Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo 103-0027*

<sup>2</sup>*Philips Electronics Japan*

<sup>3</sup>*Department of Engineering, Tokai University School*

Hemodynamic information is required for accurate diagnosis, effective treatment, and follow-up examination of numerous cerebrovascular diseases. A recently introduced technique for non-contrast 3-dimensional (3D) volumetric time-resolved magnetic resonance angiography (MRA)-contrast inherent inflow enhanced multi phase angiography (CINEMA)-provides useful qualitative information on the morphologic and dynamic filling of intracranial vessels and requires no catheter insertion or contrast agent. We propose combining CINEMA with pseudo-continuous arterial spin labeling (PCASL). We present a preliminary study of non-contrast time-resolved MRA with time-of-arrival map and discuss its clinical relevance.

Studies in all volunteers and patients clearly depicted major intracranial vessels. In patients, CINEMA-PCASL demonstrated the nidus, feeding arteries, and right posterior cerebral artery, and subsequent draining into the superficial venous system was clearly observed with a temporal resolution of 200 ms. Time-of-arrival maps presented the different filling time of every segment vessel in a single colorful image. The expected pattern of delayed transit to more distal vessels is apparent as well as the earlier arrival in central portions of larger vessels.

This preliminary study demonstrated the usefulness of the CINEMA-PCASL technique in evaluating the cerebral vasculature. Simultaneous acquisition of high quality temporal and spatial resolutions obviated the need for contrast agent.