

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 17 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26461800

研究課題名(和文)時系列カラー表示ASL-MRAの基礎的・臨床的研究

研究課題名(英文)Basic and clinical study of dynamic color display ASL-MRA

研究代表者

西村 振一郎(Nishimura, Shinichiro)

熊本大学・医学部附属病院・非常勤診療医師

研究者番号：50710448

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：動脈スピラベリング(arterial spin labeling: ASL)を用いた経時的MR血管撮影(MR angiography: MRA)は最近注目されているMRIの技術で、造影剤を使用せず血管造影のような高い時間分解能で脳血管を描出可能である。この手法の中で時系列カラー表示ASL-MRAは最先端の技術であるが、その基本性能や臨床応用についてはまだ不明であった。本研究では、ASL-MRAの撮像条件を最適化した後に、健常者、硬膜動静脈瘻、脳動静脈奇形、脳動脈閉塞性疾患に対して応用し、その有用性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Temporal MR angiography (MRA) using arterial spin labeling (ASL) is a recently noted MRI technique, which allows a high time resolution like angiography without using a contrast agent. Among the techniques, the dynamic color display ASL-MRA is a state-of-the-art technology, but its basic performance and its clinical application have not yet been clarified. In this study, after optimizing the imaging condition of ASL-MRA, it was applied to healthy subjects, dura arteriovenous fistula, cerebral arteriovenous malformation, and cerebral artery occlusive disease and we clarified its usefulness.

研究分野：放射線医学分野

キーワード：MRI arterial spin labeling

1. 研究開始当初の背景

動脈スピラベリング (arterial spin labeling: ASL) を用いた経時的 MR 血管撮影 (MR angiography: MRA) は最近注目されている MRI の技術で、造影剤を使用せずに digital subtraction angiography (DSA) のような高い時間分解能で脳血管を描出可能である。この手法の中で時系列カラー表示 ASL-MRA は最先端の技術であるが、その基本性能や臨床応用についてはまだ不明である。

2. 研究の目的

本研究の連携研究者が開発した時系列カラー表示 ASL-MRA の撮像条件についてファントムや健常ボランティアを用いて最適化を行い、その得られた条件を用いて、さまざまな脳疾患に対して応用し、その有用性を明らかにすることである。

3. 研究の方法

脳血管ファントムを用いて撮像パラメータを変えて 3T MRI 装置にて ASL-MRA を行い、本撮像法の画像特性を明らかにする。この基礎実験で得られた最適な条件で、健常ボランティア 13 人を対象として、3T MRI 装置にて本撮像法を行い、放射線科医 2 名で画像を評価する。臨床研究においては、頭蓋内硬膜動静脈瘻、脳動静脈奇形、頸動脈血管閉塞性疾患の患者に対して 3T MRI 装置にて PCASL を用いた ASL-MRA、経カテーテル血管造影を施行する。そのデータを放射線科医 2 名で画像を評価し、本撮像法の有用性を明らかにする。本研究は当院の倫理委員会の承諾を得た後に施行する。

4. 研究成果

1) 13 例 (男性 11 例、女性 2 例、24 - 82 歳、平均 52 歳) の健常ボランティアに対して 3T MRI 装置にて ASL-MRA を施行し、放射線科医 2 名で画像を評価した。全例において 300ms の高い時間分解能、0.5 x 0.5 x 0.6mm の高い空間分解能で頭蓋内の脳動脈が描出された (図 1)。また、内頸動脈は椎骨脳底動脈より早期に描出された (図 1)。過去の超音

波を用いた報告では内頸動脈は椎骨脳底動脈より 20 cm/秒ほど流速が速いことが判っており、その結果と合致するものと思われた。

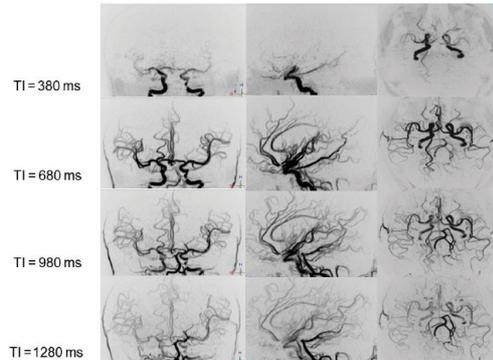


図 1. 30 歳男性健常ボランティアの ASL-MRA 画像にて、内頸動脈は椎骨脳底動脈より早期に描出されている。

2) 9 例 (男性 7 例、女性 2 例、52 - 77 歳、平均 63 歳) の頭蓋内硬膜動静脈瘻患者に対して 3T MRI 装置にて ASL-MRA 撮像と血管造影を行い、放射線科医 2 名で画像を評価した。全ての ASL-MRA 画像において主な脳動脈が 300ms の高い時間分解能で描出された。読影者間の一致率は、動静脈瘻部で完全に一致した。一方、流入動脈は中等度の一致率、還流静脈は良好な一致率であった。ASL-MRA と血管造影による評価の一致率においては動静脈瘻部と還流静脈は完全に一致し、流入動脈は良好な一致率であった (図 2, 3)。結論として、ASL-MRA は頭蓋内硬膜動静脈瘻の評価に有用である。

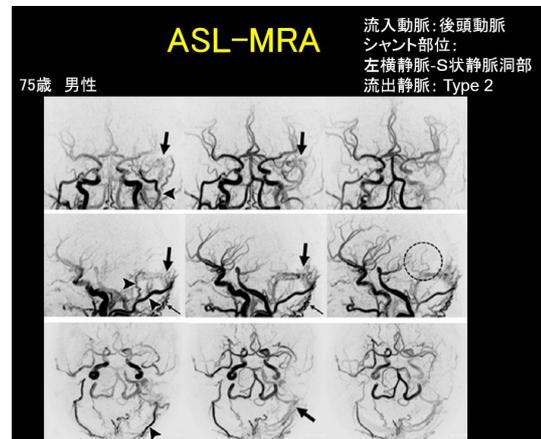


図 2A .75 歳男性の硬膜動静脈瘻患者。ASL-MRA 画像にて、左横静脈洞-S 状静脈洞部にシャン

トを認める。流入動脈は後頭動脈で、流出静脈は皮質静脈に逆流があり、Borden 分類の type 2 である。

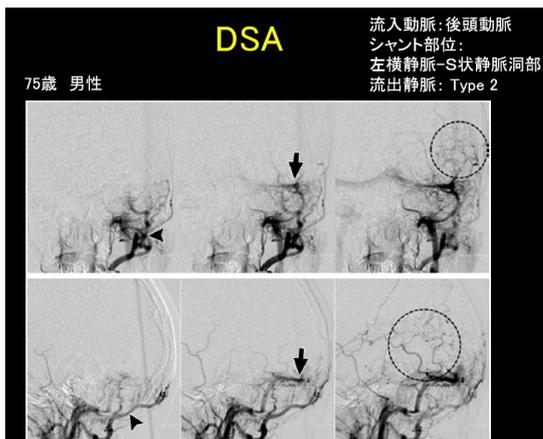


図 2B . 75 歳男性の硬膜動静脈瘻患者。DSA 画像にて、ASL-MRA 画像と同様に左横静脈洞-S 状静脈洞部にシヤントを認める。流入動脈は後頭動脈で、流出静脈は皮質静脈に逆流があり、Borden 分類の type 2 で、ASL-MRA 画像所見と一致している。

ASL-MRAとDSAの評価のまとめ

	ASL-MRA		読影者間の 一致率*	ASL-MRA†	DSA	DSAとASL-MRA の一致率*
	読影者 1	読影者 2				
動静脈瘻の部位						
横静脈-S状静脈洞	4	4		4	4	
海綿静脈洞	2	2	1.0	2	2	1.0
上矢状洞	1	1	[1.00-1.00]	1	1	[1.00-1.00]
その他	1	1		1	1	
主要な流入動脈						
頸動脈-中脳動脈	0	0		0	1	
上行咽頭動脈	1	0		0	0	
後頭動脈	3	4	0.6	4	4	0.875
内頸動脈	4	4	[0.032-1.00]	4	3	[0.65-1.00]
その他	0	0		0	0	
流出静脈の分類						
Type 1	5	4		4	4	
Type 2	3	4	0.75	4	4	1.0
Type 3	0	0	[0.326-1.00]	0	0	[1.00-1.00]

* n検定 [95%信頼区間]
† 2名の読影者の合意

図 3 ASL-MRA と DSA の評価のまとめ。ASL-MRA 画像における読影者間の一致率は動静脈瘻部で完全に一致したが、流入動脈は中等度、還流静脈は良好な一致率であった。ASL-MRA と血管造影による評価の一致率においては動静脈瘻部と還流静脈は完全に一致し、流入動脈は良好な一致率であった。

3) 6 例(女性 4 例、男性 2 例、7-65 歳、平均 40 歳)の脳動静脈奇形患者に対して 3T MRI 装置にて時系列カラー表示 ASL-MRA 撮像と血管造影を行い、放射線科医 2 名で画像を

評価した。全ての ASL-MRA 画像において脳動静脈奇形が 300ms の高い時間分解能で描出された(図 4A)。時系列カラー表示 ASL-MRA は 5 例の高灌流の脳動静脈奇形において流入動脈と還流静脈の同定に特に有用であった(図 5)。ASL-MRA と血管造影による評価の一致率においてはナイダスの大きさは完全に一致し、流入動脈と還流静脈は良好な一致率であった(図 4 6)。結論として、時系列カラー表示 ASL-MRA は脳動静脈奇形の血管構造の大凡の評価に有用である。

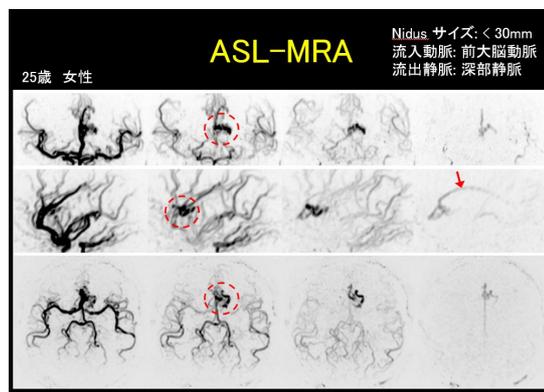


図 4A . 25 歳女性の脳動静脈奇形の患者。ASL-MRA 画像にて、径 30 mm 未満の動静脈奇形ナイダスを前大脳動脈領域に認める。流入動脈は前大脳動脈で、流出静脈は下矢状静脈洞である。

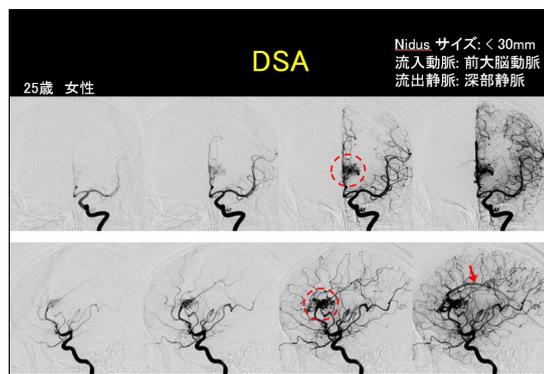


図 4B . 25 歳女性の脳動静脈奇形の患者。DSA 画像にて、動静脈奇形のナイダスは径 30 mm 未満で、前大脳動脈領域に認める。流入動脈は前大脳動脈で、流出静脈は下矢状静脈洞であり、ASL-MRA 画像所見と一致している。

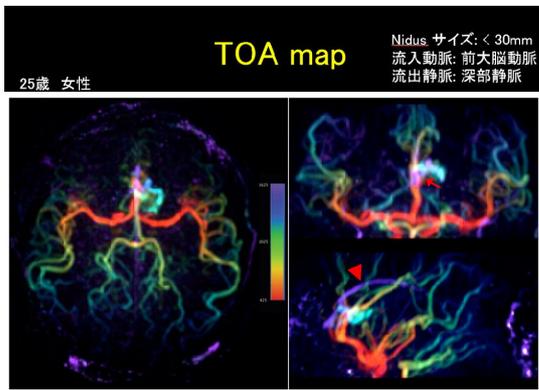


図 5 . 25 歳女性の脳動静脈奇形の患者。時系列カラー表示 ASL-MRA 画像は脳動静脈奇形のナイダスは水色にて描出されている。その流入動脈と還流静脈は容易に同定できる。

	ASL-MRA		読影者間の 一致率*	ASL- MRA†	DSA	DSAとASL-MRA の一致率*
	読影者 1	読影者 2				
Nidus サイズ						
No nidus	0	0		0	0	
< 30mm	5	5		5	5	
30-60mm	1	1	1.0	1	1	1.0
>60mm	0	0	[1.00-1.00]	0	0	[1.00-1.00]
流入動脈						
不明	0	0		0	0	
前大脳動脈	1	1		1	1	
中大脳動脈	0	0		0	0	
後大脳動脈	3	4	0.88	3	2	[0.671-1.00]
前-中大脳動脈	1	1	[0.588-1.00]	1	1	
前-中大脳動脈	1	0		1	1	
その他	0	0		0	1	
流出静脈						
不明	1	2	0.80	1	0	0.80
皮質静脈	3	2	[0.449-1.00]	3	3	[0.449-1.00]
深部静脈	2	2		2	3	
深部・皮質静脈	0	0		0	0	

* : κ 検定 [95%信頼区間]
† : 2名の読影者の合意

図 6 ASL-MRA と DSA の評価のまとめ。ASL-MRA 画像における読影者間の一貫率はナイダスの大きさは完全に一致し、流入動脈と還流静脈は良好な一致率であった。ASL-MRA と血管造影による評価の一貫率においてはナイダスの大きさは完全に一致し、流入動脈と還流静脈は良好な一致率であった。

4)13 例(男性 11 例、女性 2 例、70 - 83 歳、平均 76 歳)の頸動脈閉塞性疾患患者に対して 3T MRI 装置にて ASL-MRA 撮像と血管造影を行い、放射線科医 2 名で画像を評価した。血管造影で前交通動脈を介して側副血行が見られたものが 6 例(図 7)、後交通動脈を介するものが 4 例(図 8)、前交通動脈と後交通動脈の両者を介するものが 3 例であった。読影者間の一貫率は、すべての項目で完全に一致した。ASL-MRA と血管造影による側副血行パターンの評価は 13 例中 10 例(77%)で一

致した。結論として、ASL-MRA は頸動脈閉塞性疾患患者の側副血行の評価に有用であるかもしれない。

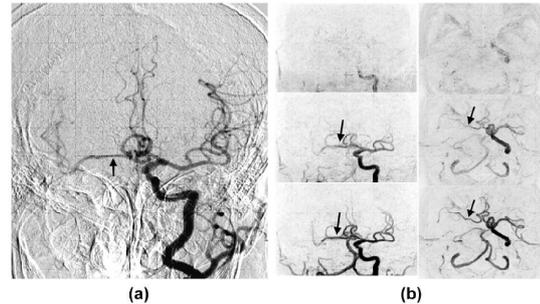


図 7 . 76 歳男性の右頸部内頸動脈狭窄患者。(a)左内頸動脈 DSA 正面像にて、前交通動脈を介した側副血流がみられる。(b)ASL-MRA の正面像および軸位像にて DSA と同様に前交通動脈を介した側副血流が観察される。

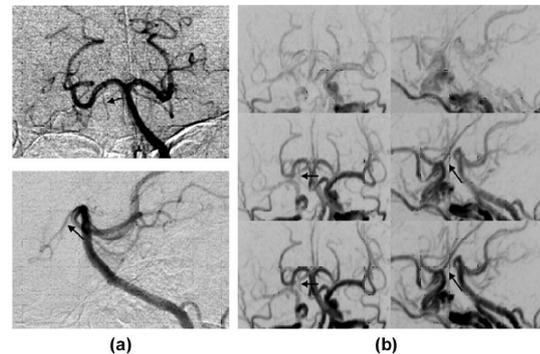


図 8 . 77 歳女性の右頸部内頸動脈狭窄患者。(a)右椎骨動脈 DSA 正面像および側面像にて、右後交通動脈を介した側副血流がみられる。(b)ASL-MRA の正面像および側面像にて DSA と同様に右後交通動脈が描出され、側副血流と思われる。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

1. Iryo Y, Hirai T, Nakamura M, Tateishi M, Hayashida E, Azuma M, Nishimura S, Kitajima M, Yamashita Y. Evaluation of intracranial vasculatures in healthy subjects with

arterial-spin-labeling-based 4D-MR angiography at 3T. Magn Reson Med Sci. 2016;15(3):335-339.

2. Iryo Y, Hirai T, Kai Y, Nakamura M, Shigematsu Y, Kitajima M, Azuma M, Komi M, Morita K, Yamashita Y. Intracranial dural arteriovenous fistulas: evaluation with 3-T four-dimensional MR angiography using arterial spin labeling. Radiology. 2014;271(1):193-199.
3. Iryo Y, Hirai T, Nakamura M, Kawano T, Kaku Y, Ohmori Y, Kai Y, Azuma M, Nishimura S, Shigematsu Y, Kitajima M, Yamashita Y. Evaluation of intracranial arteriovenous malformations with four-dimensional arterial-spin labeling-based 3-T magnetic resonance angiography. J Comput Assist Tomogr. 2016;40(2):290-296.
4. Iryo Y, Hirai T, Nakamura M, Inoue Y, Watanabe M, Ando Y, Azuma M, Nishimura S, Shigematsu Y, Kitajima M, Yamashita Y. Collateral circulation via the circle of Willis in patients with carotid artery steno-occlusive disease: evaluation on 3-T 4D MRA using arterial spin labelling. Clin Radiol. 2015;70(9):960-965.

〔学会発表〕(計1件)

第30回日本脳神経血管内治療学会学術総会
(2014年12月4-6日、横浜)
脳動静脈奇形の評価におけるASLを用いた経時的MRAによる検討
井料保彦、東美菜子、西村振一郎、北島美香、平井俊範、山下康行

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西村 振一郎 (Nishimura Shinichiro)
(熊本大学・医学部附属病院・非常勤診療医)

研究者番号：50710448

(2) 研究分担者

平井 俊範 (Hirai Toshinori)
(宮崎大学・医学部・教授)

研究者番号：40274724

(4) 研究協力者

井料 保彦 (Iryo Yasuhiko)
(熊本大学・医学部附属病院・医員)

肥合 康弘 (Hiai Yasuhiro)
(熊本大学・保健学科・助教)

中村 理宣 (Nakamura Masanobu)
(メディカルサテライト八重洲クリニック)