

## 3D ASL 脑灌注成像:不同标记后延迟时间对血流测量的影响

赵光明, 唐纳, 张洁, 张贵祥, 孟捷

**【摘要】** 目的:探讨 3D-ASL MRI 中不同标记后延迟时间对脑血流量测量值的影响。方法:选取 43 例健康成人志愿者(男 21 例,女 22 例;年龄 25~60 岁,平均 41 岁),采用不同标记后延迟时间(1025 ms,1525 ms,2025 ms)行 3D-ASL 检查,测量 6 个部位的血流量(CBF),包括小脑皮层、丘脑核团、枕叶、颞叶、顶叶和额叶皮层。三组(不同标记后延迟时间)间各脑区 CBF 值的比较采用方差分析,并进行两两比较分析。结果:方差分析结果显示三组间双侧小脑半球和左侧顶叶 CBF 值的差异有统计学意义(右小脑半球, $F$  值 6.629, $P$  值 0.011;左小脑半球, $F$  值 6.986, $P$  值 0.007;左顶叶, $F$  值 5.143, $P$  值 0.020)。进一步两两比较结果显示,双侧小脑半球、右枕叶和左顶叶的 CBF 值在 1025 ms 组与 1525 ms、1025 ms 组与 2025 ms 组间差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),在 1525 ms 组与 2025 ms 组间差异无统计学意义比较( $P > 0.05$ )。结论:3D-ASL MRI 中不同标记后延迟时间对脑血流量的测量有一定影响。

**【关键词】** 磁共振成像;动脉自旋标记;标记后延迟时间;脑血流量

**【中图分类号】** R445.2; R743 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)12-1168-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.12.014

**3D arterial spin-labeling MR: effect of post-labeling delay on cerebral blood flow measurement** ZHAO Guang-ming, TANG Na, ZHANG Jie, et al. Department of Radiology, the First People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200080, China

**【Abstract】** **Objective:** To investigate whether the post-labeling delay (PLD) has influence on regional cerebral blood flow in 3D-ASL MRI. **Methods:** Forty-three healthy adults (21 men and 22 women; age range was 25~60 years with means of 41 yrs) were included in this prospective study. All subjects underwent head MRI using 3D-ASL sequence for three times with different PLD (1025, 1525 and 2025ms), cerebral blood flow (CBF) of bilateral symmetric parts in thalamus nuclei and cerebellar, frontal, temporal, parietal and occipital cortex was measured, CBF values among three groups with different PLDs were compared using ANOVA method and further pair-wise comparison was made. **Results:** There was statistical significance in the CBF values of bilateral cerebellar and left parietal cortex among the three groups ( $F = 6.629, P = 0.011$  for right cerebellar;  $F = 6.986, P = 0.007$  for left cerebellar;  $F = 5.143, P = 0.020$  for left parietal cortex). Further pair-wise comparison results showed that the differences of CBFs between 1025ms-PLD group and 1525ms-PLD group, between 1025ms-PLD group and 2025ms-PLD group were statistically significant, the difference between 1525ms-PLD group and 2025ms-PLD group was not statistically significant. **Conclusion:** Different post-labeling delays in 3D-ASL MRI have impacts on CBF values of certain brain areas.

**【Key words】** Magnetic resonance imaging; Arterial spin-labeling; Post-labeling delay; Cerebral blood flow

磁共振动脉自旋标记(arterial spin-labeling, ASL)灌注成像无需注射外源性对比剂,标记信号衰减快,具有短时间内可以重复检查、简便、快速而且完全无创等优点<sup>[1-4]</sup>。然而,ASL 灌注成像也有其局限性,如上游血流标记后到下游采集信号的时间,即标记后延迟时间(post labeling delay time, PLDT)对灌注成像参数的测量可能会产生影响<sup>[5-7]</sup>。为此,我们对同一组研究对象采用多种 PLDT 进行 ASL 灌注成像,比较脑灌注成像中 PLDT 对不同脑区灌注参数测量值的影响。

## 材料与方法

### 1. 一般资料

招募健康成人志愿者 50 例,纳入标准:右利手,无临床症状,无特殊病史,神经系统检查无阳性体征。其中,经 MRI 常规检查发现多发小缺血灶 4 例,MRA 检查显示颅内动脉管腔轻度狭窄 1 例,一侧大脑后动脉起源于颈内动脉 2 例,上述病例予以剔除。最终,MRI 常规检查无明显异常、MRA 显示无颅内动脉狭窄和无明显 Wills 环变异的 43 例志愿者纳入本研究,其中男 21 例,女 22 例,年龄 25~60 岁,平均 41 岁。所有志愿者签署知情同意书,并得到医院伦理委员会批准。

### 2. ASL 检查方法

作者单位:200080 上海,上海交通大学附属第一人民医院放射科  
作者简介:赵光明(1973-),男,安徽肥西人,博士,主治医师,主要从事头颈部影像学诊断工作。

通讯作者:唐纳,E-mail:tnwaipodaren@hotmail.com

使用 GE Discovery MR750w 3.0T 磁共振仪和 8 通道头颈联合线圈。MRI 常规检查序列包括 T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、FLAIR 和 DWI 序列, MRA 采用 3D-TOF 平扫序列。ASL 成像采用脉冲式动脉自旋标记 (pulsed ASL, PASL) 序列, 扫描基线为前后联合连线, 分别采用 1025、1525 和 2025 ms 三种标记后延迟时间 (A、B、C 组), 扫描参数: TR 4368 ms, TE 10.5 ms, 层厚 4.0 mm, 层数 68, 视野 24 cm×24 cm, 矩阵 512×8, 激励次数 1, 扫描时间 3 min 4 s。

### 3. 图像后处理和数据分析

采用 Functool-ASL 后处理软件 (ADW 4.6) 进行图像后处理, ROI 选取双侧对称区域 (一侧选定 ROI, 使用对称轴技术可自动选取对侧区域), 测量小脑皮层、丘脑核团、枕叶、颞叶、顶叶和额叶皮层的脑血流量 (cerebral blood flow, CBF) 值 (图 1)。

### 4. 统计学分析

使用 SPSS Statistics 17.0 统计软件。三组标记后延迟时间 ASL 成像测量的 CBF 值的差异采用方差分析和多重两两比较。P<0.05 为差异有统计学意义。

## 结果

43 例受试者均获得了较满意的 3D-ASL 成像全脑 CBF 图 (图 1)。三组中不同脑区 CBF 值的测量结果及比较见表 1、图 2。方差分析结果显示, 三组间双侧小脑半球和左侧顶叶 CBF 值的差异有统计学意义 (P<0.05)。三组间其余各脑区 CBF 值的差异无统计学意义 (P>0.05)。

多重两两比较结果显示 (表 2), 1025 ms 组与 2025 ms 组比较, 双侧小脑半球、右枕叶和左顶叶 CBF

表 1 三种 PLDT ASL 成像各脑区 CBF 值及比较

脑区	CBF [mL/(100g·min)]			F 值	P 值
	1025ms	1525ms	2025ms		
小脑					
右侧	32.02±7.32	52.01±3.92	57.22±4.30	6.269	0.011 <sup>#</sup>
左侧	34.92±7.48	49.25±4.43	64.60±4.67	6.986	0.007 <sup>#</sup>
丘脑					
右侧	52.84±8.06	64.51±3.00	62.40±5.53	1.235	0.319
左侧	55.79±9.25	60.98±4.08	52.98±6.70	0.428	0.659
枕叶					
右侧	28.14±5.68	43.07±5.31	51.38±6.36	3.688	0.051
左侧	30.55±7.38	45.03±7.47	48.91±4.93	1.811	0.197
颞叶					
右侧	56.82±8.63	63.87±4.15	65.18±3.97	0.606	0.558
左侧	47.65±6.38	60.85±3.81	60.39±3.68	2.498	0.116
顶叶					
右侧	46.97±7.31	53.31±2.76	58.57±3.57	1.553	0.244
左侧	43.88±5.24	48.03±2.35	58.43±2.25	5.143	0.020 <sup>#</sup>
额叶					
右侧	51.69±8.45	63.83±4.16	62.84±4.48	1.348	0.289
左侧	54.08±4.93	61.00±5.83	65.40±5.58	0.927	0.417

注: <sup>#</sup> P<0.05。

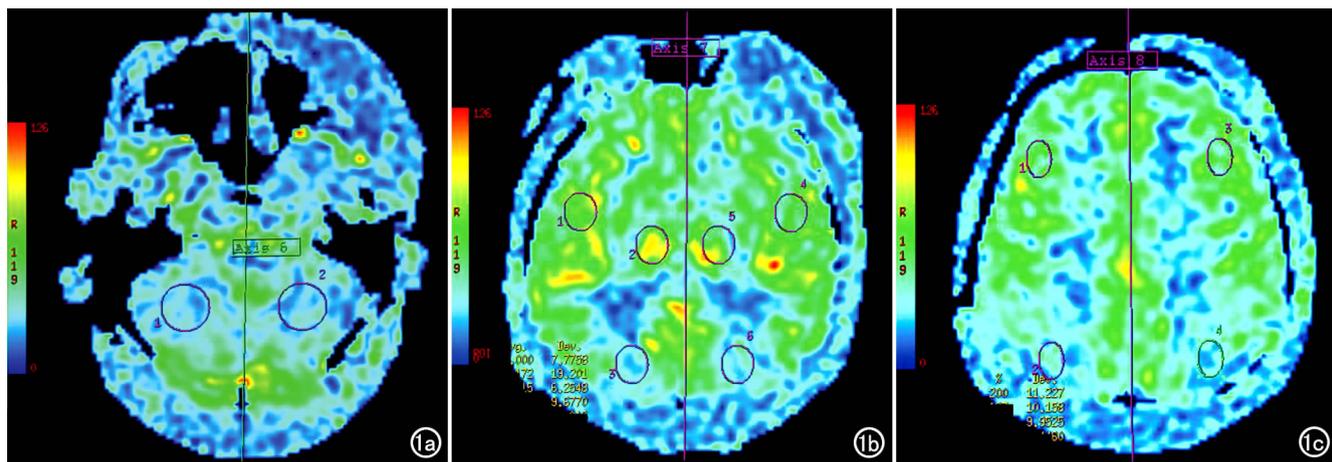


图 1 在 CBF 伪彩图上, 选取 6 个脑区测量 CBF 值, 选取一侧 ROI 后, 使用对称轴技术可自动选取对侧 ROI, 测量 6 个脑区的双侧 CBF 值。a) 颅底层面; b) 丘脑层面; c) 顶叶层面。

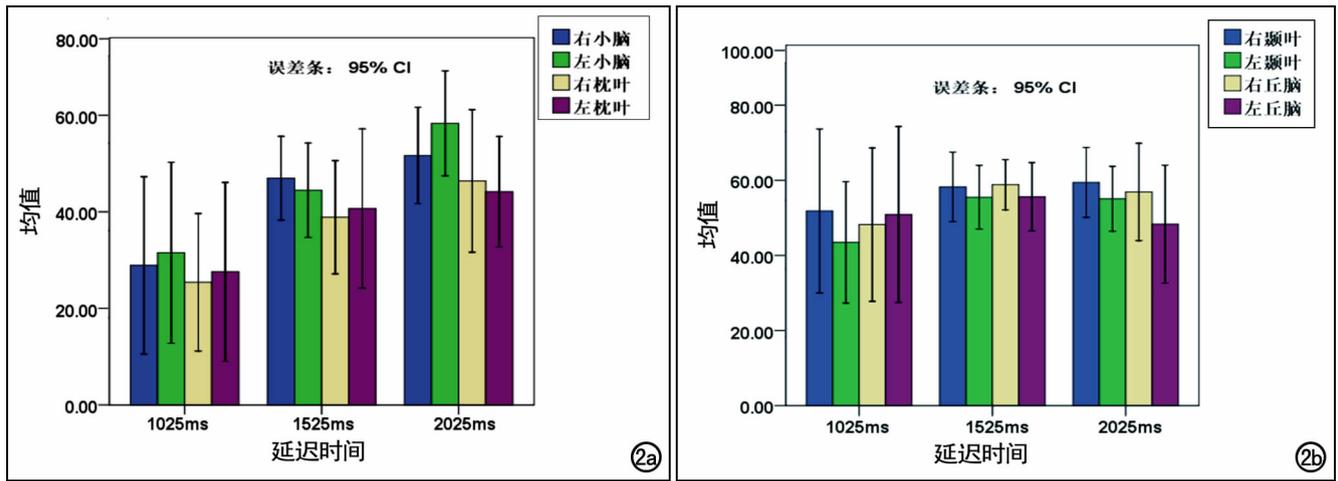


图 2 三组 PLDT 时 CBF 测量值的直方图。a) 椎动脉供血脑区(小脑、枕叶); b) 颈内动脉供血脑区(颞叶、丘脑)。

值的差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 1025 ms 组的 CBF 值低于 2025 ms 组; 1025 ms 组与 1525 ms 组比较, 仅左侧小脑半球 CBF 值的差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 其余脑区间的差异无统计学意义( $P > 0.05$ ); 1525 ms 组与 2025 ms 组比较, 各个脑区 CBF 值的差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

表 2 不同标记后延迟时间不同脑区 CBF 值的两两比较

脑区	P 值		
	A 与 B	A 与 C	B 与 C
小脑			
右侧	0.014 <sup>#</sup>	0.004 <sup>#</sup>	0.459
左侧	0.082	0.002 <sup>#</sup>	0.053
丘脑			
右侧	0.151	0.249	0.777
左侧	0.584	0.774	0.378
枕叶			
右侧	0.094	0.017 <sup>#</sup>	0.310
左侧	0.158	0.089	0.681
颞叶			
右侧	0.383	0.319	0.863
左侧	0.059	0.076	0.941
顶叶			
右侧	0.335	0.098	0.398
左侧	0.382	0.008 <sup>#</sup>	0.310
额叶			
右侧	0.147	0.195	0.897
左侧	0.404	0.195	0.575

注: <sup>#</sup>  $P < 0.05$ 。

## 讨论

3D ASL 脑灌注成像在 MRI 常规序列基础上仅增加 3 min 的扫描时间即可获得脑血流灌注参数, 无疑具有重要的临床实用价值。然而, 目前 ASL-MR 灌注成像也有其局限性, 如不同的标记后延迟时间可能对灌注成像测量值产生一定影响<sup>[3-4]</sup>。PLDT 较短时, 对于血流缓慢的脑区, 由于标记的动脉血尚未完全到达, 因而可导致所测量的 CBF 值偏低; PLDT 较长时, 标记的动脉血的信号可能发生衰减, 也会导致

CBF 值低估。本研究中通过对相同研究对象采用多个 PLDT 进行 ASL 灌注成像, 比较不同 PLDT 所获得的不同脑区 CBF 测量值的差异, 旨在进一步明确 PLDT 对灌注参数测量值的影响。目前笔者尚未检索到类似报道。

### 1. 关于研究对象和方法

考虑到大脑动脉环的变异(如一侧大脑后动脉起源于颈内动脉等)可能对 ASL 成像中 CBF 值的测量有一定影响<sup>[5]</sup>, 故本研究中排除了经 MRA 检查发现有大脑动脉环变异者。根据 GE MR750w 操作手册和张水霞等<sup>[6]</sup> 在行单次静态脑部 ASL 成像研究时 PLDT 均采用 1525 ms, 故本研究以 1525 ms 为中心, 提前和延迟各 500 ms, 将 PLDT 设定为 1025、1525 和 2025 ms 三组, 三组中的其它扫描参数完全相同。

### 2. PLDT 对 CBF 测量值的影响

本组研究结果显示, 双侧小脑半球和左侧顶叶的 CBF 值在不同 PLDT 间的差异有统计学意义( $P < 0.05$ ), 其它脑区的 CBF 值在三组 PLDT 间的差异无统计学意义( $P > 0.05$ ), 说明 PLDT 对 ASL 成像中 CBF 值的测量有一定影响。总体上看, 短 PLDT (1025 ms) 测得的 CBF 均值较低, 尤其是在椎动脉供血区。由于椎动脉的流速较颈内动脉略慢<sup>[7]</sup>, 较短的 PLDT (1025 ms) 可能导致部分被标记的质子在成像时尚未完全到达信号采集层面。

进一步两两比较, 结果亦显示标记后如果信号采集时间过早(PLDT 短)将导致 ASL 低估流速较慢的或远离标记层面的脑区的 CBF 值, 本研究中 1025 ms 组中双侧小脑半球、右枕叶和左顶叶的 CBF 测量值均低于 2025 ms 组( $P < 0.05$ )。虽然本研究中 1525 ms 组与 2025 ms 组比较, 各个脑区的 CBF 测量值的差异尚无统计学意义( $P > 0.05$ ), 但是从图 2 中可以看到两种趋势: 颈内动脉供血的部分脑区随 PLDT 的延迟

CBF 测量值有下降的趋势,而椎动脉供血区 CBF 测量值尚在增加。由此笔者推测三组 PLDT(1025、1525 和 2025 ms)中,单次静态 ASL 检查 PLDT 采用 1525 ms 可能较为合适。

### 3. 本研究不足之处

本研究中主要有以下三点不足之处:①手工勾画 ROI 进行 CBF 测量时,由于 ASL 图像上很难精确区分灰质和白质,而两者的 CBF 值相差大,因此可导致重复测量时误差较大。故本研究中尽可能采用相同形态和大小 ROI 以及以对称的方式选取对侧的 ROI;②本研究是同一组研究对象的重复检查,没有分析年龄、性别等因素对 ASL 成像中 CBF 测量值的影响;③由于医学伦理方面的限制,没有与其它经典的灌注成像技术所测量的 CBF 值进行比较。

总之,3D-ASL 检查时标记后延迟时间可能对不同脑区的脑血流量的测量造成一定影响,成像时选取的标记后延迟时间过短或过长均会低估脑血流量。在 ASL 成像的临床应用中,需要考虑诸多影响因素,治疗(或干预)前后进行对照研究时应采用相同的标记后延迟时间进行 ASL 成像。

### 参考文献:

- [1] Bokkers RP, Bremmer JP, van Berckel BN, et al. Arterial spin labeling perfusion MRI at multiple delay times: a correlative study with H215O positron emission tomography in patients with symptomatic carotid artery occlusion[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2010, 30(1):222-229.
- [2] Takahashi H, Ishii K, Hosokawa C, et al. Clinical application of 3D arterial spin-labeled brain perfusion imaging for Alzheimer disease: comparison with brain perfusion SPECT[J]. AJNR, 2014, 35(5):906-911.
- [3] Parkes LM, Rashid W, Chard DT, et al. Normal cerebral perfusion measurements using arterial spin labeling: reproducibility, stability, and age and gender effects[J]. Magn Reson Med, 2004, 51(4):736-743.
- [4] Chugh BP, Bishop J, Zhou YQ, et al. Robust method for 3D arterial spin labeling in mice[J]. Magn Reson Med, 2012, 8(1):8-106.
- [5] 吴冰, 王霄英, 郭佳, 等. VE-ASL MRI 评价脑动脉侧支循环与 DSA 比较[J]. 放射学实践, 2012, 27(7):722-725.
- [6] 张水霞, 张颖, 姚义好, 等. 3D-ASL 与 DSC-PWI 在缺血性脑梗死患者中的对比研究[J]. 放射学实践, 2014, 29(8):901-905.
- [7] Floyd TF, Maldjian J, Gonzales-Atavales J, et al. Proceedings of the 9th Annual Meeting of ISMRM. Test re-test stability with continuous arterial spin labeled (CASL) perfusion MRI in regional measurement of cerebral blood flow[D]. Glasgow, Scotland, 2001: 1569.

(收稿日期:2016-04-19 修回日期:2016-07-11)

## 最新公告

期刊影响力排名,《放射学实践》杂志位列第 3。

最新排名由中国科学文献计量评价研究中心和清华大学图书馆研制,中国学术期刊(光盘版)电子杂志社有限公司出版的 2016 年(第 14 卷)中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术)中在 R8 军事医学与特种医学类 22 本期刊中的排名。本刊也入选《中文核心期刊要目总览》特种医学类核心期刊。

期刊影响力指数及影响因子 续表 50

序号	刊名	影响力指数 C 值	复合总被引	复合类					期刊综合类					分区
				影响因子	影响因子排序	他引影响因子	5年影响因子	即年指标	期刊综合总被引	影响因子	他引影响因子	5年影响因子	即年指标	
R8 军事医学与特种医学														
1	中华放射学杂志	1414.214	5717	1.459	1/22	1.257	1.460	0.137	4209	1.344	1.142	1.214	0.137	Q1
2	临床放射学杂志	669.342	3557	0.663	10/22	0.599	0.701	0.052	2681	0.587	0.524	0.590	0.047	Q1
3	放射学实践	622.542	2710	0.809	8/22	0.707	0.768	0.140	2109	0.726	0.624	0.643	0.136	Q1
4	介入放射学杂志	614.984	2808	1.242	2/22	0.959	1.304	0.129	2139	1.072	0.789	1.069	0.122	Q1
5	实用放射学杂志	609.046	3863	0.818	6/22	0.576	0.726	0.063	3092	0.750	0.507	0.634	0.063	Q1
6	中国运动医学杂志	461.976	3261	0.750	9/22	0.631	0.958	0.046	1451	0.579	0.460	0.623	0.046	Q2
7	国际医学放射学杂志	388.714	799	0.905	4/22	0.815	0.973	0.091	508	0.762	0.673	0.684	0.091	Q2
8	中国医学计算机成像杂志	386.125	1088	0.865	5/22	0.797	0.971	0.047	768	0.711	0.643	0.757	0.047	Q2
9	中国CT和MRI杂志	321.445	1761	1.074	3/22	0.601	1.139	0.257	1528	0.993	0.520	1.031	0.257	Q2
10	中华核医学与分子影像杂志	294.603	1203	0.811	7/22	0.579	0.828	0.151	882	0.725	0.493	0.688	0.151	Q2