

论著

基于双源CT灌注成像对正常颅脑血流动力学的定量研究*

1. 西电集团医院

(陕西 西安 710077)

2. 延安大学附属医院

(陕西 延安 716000)

杨宏志^{1,2} 杨如武¹ 李延静²
刘国军²

【摘要】 目的 探讨双源CT灌注成像在正常人群中脑血流动力学定量研究中的价值，并测量其灌注参数的正常范围。方法 收集无颅脑疾病的健康志愿者30例，行颅脑CT灌注扫描，利用灌注软件测得灰质(额颞顶叶)及白质(侧脑室前后角旁)、豆状核、尾状核、内囊及丘脑的CBV、CBF、MTT和TTP，并进行统计分析。结果 1、正常成人脑灰质CBF及CBV最高，MTT及TTP最长，白质CBF及CBV最低，豆状核及尾状核MTT及TTP最短；2、额叶、颞叶及顶叶CBV、CBF、TTP比较均无统计学差异($P>0.05$)，仅MTT有统计学差异($P<0.05$)；侧脑室前、后角旁CBV、CBF、MTT比较均无统计学差异($P>0.05$)，侧脑室前、后角旁TTP比较有统计学差异($P<0.05$)；3、左右侧脑室后角旁CBF比较有统计学差异($P<0.05$)，余左右半球各参数均无明显统计学差异($P>0.05$)。结论 双源CT灌注成像可以反映正常人群脑血流动力学变化，且测得了正常成人颅脑灌注参数正常值范围，为将来进一步开展CT灌注检查及相关研究提供理论基础。

【关键词】 CT灌注成像；颅脑；血流动力学

【中图分类号】 R651.1

【文献标识码】 A

【基金项目】 延安市科技项目

(2013-KW01)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.03.002

通讯作者：杨如武

Quantitative Study of Normal Craniocerebral Hemodynamics Based on Dual Source CT Perfusion Imaging*

YANG Hong-zhi, YANG Ru-wu, LI Yan-jing, et al., Department of Medical Imaging, Xidian Group Hospital, Xi'an 710077, Shanxi Province, China

[Abstract] **Objective** To investigate the value of dual source CT perfusion imaging in the quantitative study of cerebral hemodynamics in normal population and to measure the normal range of perfusion parameters. **Methods** A total of 30 healthy volunteers with no craniocerebral disease were collected and the CT perfusion scan was performed. The CBV、CBF、MTT and TTP of gray matter (frontal/temporal/parietal) and white matter (lateral front/back corner), cerebral blood volume, lentiform nucleus, caudate nucleus, thalamus and internal capsule was measured by perfusion software, and the statistical analysis was carried out. **Results** 1 The CBF and CBV of cerebral gray matter in normal adults were the highest, and MTT and TTP were the longest, the CBF and CBV of the white matter were the lowest, the MTT and TTP of the lentiform nucleus and caudate nucleus were the shortest. 2 There was no significant difference in CBV, CBF, TTP between the frontal, temporal and parietal lobes($P>0.05$), while there was statistically significant difference in MTT($P<0.05$). There was no significant difference in CBV, CBF, MTT between the anterior and posterior lateral ventricles of the lateral ventricle($P>0.05$), while there was statistically significant in TTP($P<0.05$). 3 There was a statistically significant difference between the left and right lateral ventricle CBF ($P<0.05$), and there was no significant difference in the other parameters of the left and right hemispheres($P<0.05$). **Conclusion** Dual source CT perfusion imaging can reflect the cerebral hemodynamic changes in the normal population, and measured normal adult brain perfusion parameters of the normal reference range, to provide a theoretical basis for the further research of CT perfusion imaging and related research.

[Key words] CT Perfusion Imaging; Cerebral; Hemodynamics

CT灌注成像是在静脉快速团注对比剂时，对感兴趣区层面进行连续CT扫描，从而获得感兴趣区时间—密度曲线，并利用不同的数学模型，计算出各种灌注参数值，因此能更有效、并量化反映局部组织血流灌注量的改变，对明确病灶的血液供应具有重要意义^[1]。本研究旨在探讨双源CT灌注成像在脑血流动力学定量研究的价值，并测量正常成人各灌注参数正常参考范围，为今后开展该项检查及相关方面研究提供理论基础。

1 资料与方法

1.1 临床资料 收集本院2013年10月至2014年6月经临床及实验室检查确诊无脑疾病的健康志愿者30例，其中男女比例2:1，年龄中位数45岁，所有受检者行脑CT平扫及头颈CTA检查，颅脑有疾患及CTA检查发现颈部血管有狭窄或发育变异者排除在外，所有受检者检查前均签署知情同意书。

1.2 扫描方法 采用西门子256层新双源螺旋CT扫描机，使用高压注射器和18G注射针头，经肘前静脉注射非离子型造影剂优维显320，注速为6mL/s，总量为1mL/Kg，在开始注射对比剂的同时，进行全脑同步动态CT轴位扫描，扫描参数80Kv, 100mAs, 旋转时间为0.28s，扫描

总时间44s, 矩阵 225×225 , 扫描层厚10mm, 重建层厚为1.0mm。

1.3 数据测量 使用工作站上自带的灌注软件包 VPCT NEURO, 选择Auto Stroke MTT自动处理(输入动脉-大脑前动脉, 输出静脉-上矢状窦), 得到时间密度(TDC)曲线, 并生产最大密度投影(MIP)图, 脑血容量(CBV)图, 脑血流量(CBF)图, 达峰时间(TTP)图, 平均通过时间(MTT)图。分别在两侧额叶、颞叶、顶叶皮层灰质、前后侧脑室旁白质区及基底节区(尾状核和豆状核)、背侧丘脑画出感兴趣区(脑叶、内囊-面积 0.5cm^2 ; 基底节区、背侧丘脑及内囊- 1cm^2)并获取各感兴趣区的灌注参数值, 感兴趣区尽量避开血管和沟回部位, 选择病灶最大层面进行测量, 平均每处测量3次, 取平均值, 由2名高年资从事脑灌注研究的放射科医师分别做出判断, 对诊断有分歧的则协商解决。

1.4 统计分析 使用SPSS13.0统计学软件进行统计分析。计量资料用($\bar{x}\pm s$)表示, 各感兴趣区灌注值比较采用单因素方差分析及配对t检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 灰质、白质、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊CBV、CBF、MTT、TTP比较 见表1。

结果显示: 灰质、白质、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊CBV、CBF、MTT及TTP比较均有统计学差异; 进一步两两比较, 豆状核和尾状核CBV、CBF、MTT及TTP之间比较无统计学差异; 背侧丘脑及内囊MTT和TTP之间比较无统计学差异, 余各组之间参数比较均有统计学差异。

2.2 灰质(额颞顶叶)之间CBV、CBF、MTT、TTP比较 见表2。

结果显示: 额叶、颞叶及顶叶CBV、CBF、TTP比较均无统计学差异, 额颞顶叶MTT比较有统计学差异。

2.3 白质(前后侧脑室旁)之间CBV、CBF、MTT、TTP比较 见表3。

结果显示: 侧脑室前、后角旁CBV、CBF、MTT比较均无统计学差异, 侧脑室前、后角旁TTP比较有统计学差异。

2.4 左右半球之间CBV、CBF、MTT、TTP比较 见表4-7。

表4结果显示: 左右侧脑室后角旁CBV比较有统计学差异; 额叶、颞叶、顶叶、侧脑室前角旁、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊左右侧CBV比较均无统计学差异。

表5结果显示: 左右侧脑室后角旁CBF比较有统计学差异;

额叶、颞叶、顶叶、侧脑室前角旁、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊左右侧CBF比较均无统计学差异。

表6结果显示: 额叶、颞叶、顶叶、侧脑室前角旁、侧脑室后角旁、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊左右侧MTT比较均无统计学差异。

表7结果显示: 额叶、颞叶、顶叶、侧脑室前角旁、侧脑室后角旁、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊左右侧TTP比较均无统计学差异。

3 讨 论

3.1 CTP成像技术 1991年Miles等首次提出了CTP灌注概念。CTP是指在静脉注射对比剂的同时对选定层面进行连续多次扫描, 以获得该层面上每一像素的TDC曲线, 根据该曲线并利用数学模型计算出最大密度投影(MIP)

表1 灰质、白质、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊CBV、CBF、MTT、TTP比较

部位	CBV (ml/100g)	CBF (ml/100g/min)	MTT (ms)	TTP (ms)
灰质	4.78 ± 0.51	92.62 ± 10.47	3.16 ± 0.16	9.24 ± 1.12
白质	1.86 ± 0.29	31.05 ± 5.67	4.23 ± 0.70	10.95 ± 1.43
豆状核	4.03 ± 0.67	79.50 ± 13.24	3.24 ± 0.28	8.61 ± 1.13
尾状核	4.12 ± 0.59	83.56 ± 8.50	3.11 ± 0.12	8.49 ± 1.12
背侧丘脑	3.80 ± 0.80	72.17 ± 7.11	3.30 ± 0.34	9.17 ± 1.29
内囊	2.39 ± 0.61	40.00 ± 7.01	3.42 ± 0.38	9.15 ± 1.21
F	106.28	200.49	34.51	118.82
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表2 灰质(额颞顶叶)之间CBV、CBF、MTT、TTP比较

部位	CBV (ml/100g)	CBF (ml/100g/min)	MTT (ms)	TTP (ms)
额叶	4.82 ± 0.56	93.22 ± 11.31	3.16 ± 0.22	9.18 ± 1.19
颞叶	4.73 ± 0.55	90.91 ± 11.26	3.21 ± 0.21	9.24 ± 1.09
顶叶	4.79 ± 0.55	93.65 ± 11.01	3.10 ± 0.14	9.29 ± 1.13
F	0.76	2.19	3.91	1.22
P	0.47	0.12	0.03	0.30

表3 白质(前后侧脑室旁)之间CBV、CBF、MTT、TTP比较

部位	CBV (ml/100g)	CBF (ml/100g/min)	MTT (ms)	TTP (ms)
侧脑室前角旁	1.89 ± 0.32	31.02 ± 6.25	4.30 ± 0.82	10.63 ± 1.22
侧脑室后角旁	1.84 ± 0.33	31.09 ± 5.70	4.15 ± 0.85	11.28 ± 1.67
t	0.85	0.09	0.82	4.75
P	0.40	0.92	0.42	<0.01

表4 左右半球CBV (mL/100g) 之间比较

部位	左	右	t	P
额叶	4.80 ± 0.52	4.83 ± 0.65	0.40	0.69
颞叶	4.72 ± 0.56	4.73 ± 0.60	0.19	0.85
顶叶	4.84 ± 0.58	4.75 ± 0.54	1.76	0.09
侧脑室前角旁	1.85 ± 0.28	1.92 ± 0.38	1.72	0.10
侧脑室后角旁	1.90 ± 0.39	1.77 ± 0.30	3.19	0.004
豆状核	4.01 ± 0.72	4.05 ± 0.65	0.54	0.60
尾状核	4.14 ± 0.64	4.09 ± 0.57	0.84	0.41
背侧丘脑	3.79 ± 0.49	3.79 ± 0.50	0.03	0.98
内囊	2.40 ± 0.64	2.38 ± 0.62	0.34	0.74

表5 左右半球CBF (mL/100g/min) 之间比较

部位	左	右	t	P
额叶	93.25 ± 11.00	93.20 ± 12.06	0.06	0.95
颞叶	91.38 ± 11.96	90.44 ± 11.09	0.92	0.37
顶叶	94.51 ± 11.29	92.79 ± 11.21	1.82	0.08
侧脑室前角旁	30.91 ± 6.72	31.11 ± 5.96	0.44	0.67
侧脑室后角旁	31.72 ± 6.56	30.46 ± 5.10	2.20	0.04
豆状核	78.29 ± 15.38	78.46 ± 14.38	0.18	0.86
尾状核	84.36 ± 8.41	82.75 ± 9.82	1.17	0.26
背侧丘脑	72.36 ± 7.46	71.97 ± 7.71	0.35	0.73
内囊	40.00 ± 7.20	39.99 ± 7.28	0.01	0.99

表6 左右半球MTT (ms) 之间比较

部位	左	右	t	P
额叶	3.14 ± 0.30	3.19 ± 0.37	0.88	0.39
颞叶	3.17 ± 0.27	3.25 ± 0.40	1.26	0.22
顶叶	3.10 ± 0.19	3.11 ± 0.22	0.27	0.79
侧脑室前角旁	4.25 ± 1.14	4.36 ± 1.03	0.80	0.43
侧脑室后角旁	4.21 ± 1.01	4.09 ± 1.19	0.90	0.38
豆状核	3.24 ± 0.40	3.23 ± 0.46	0.18	0.86
尾状核	3.10 ± 0.19	3.12 ± 0.22	0.34	0.73
背侧丘脑	3.32 ± 0.48	3.28 ± 0.43	0.59	0.56
内囊	3.44 ± 0.65	3.40 ± 0.55	0.37	0.71

表7 左右半球TTP (ms) 之间比较

部位	左	右	t	P
额叶	9.14 ± 1.14	9.22 ± 1.26	1.05	0.30
颞叶	9.15 ± 1.05	9.34 ± 1.18	2.02	0.06
顶叶	9.21 ± 1.16	9.38 ± 1.12	2.79	0.01
侧脑室前角旁	10.63 ± 1.25	10.62 ± 1.34	0.06	0.95
侧脑室后角旁	11.28 ± 1.73	11.28 ± 1.70	0.03	0.98
豆状核	8.50 ± 1.16	8.72 ± 1.14	2.52	0.02
尾状核	8.45 ± 1.02	8.52 ± 1.25	0.83	0.42
背侧丘脑	9.08 ± 1.31	9.26 ± 1.31	1.68	0.11
内囊	9.09 ± 1.16	9.20 ± 1.42	0.56	0.58

图, 脑血容量(CBV)图, 脑血流量(CBF)图, 达峰时间(TTP)图, 平均通过时间(MTT)图^[2]。CBF是指单位时间内流经一定量脑组织血管结构的血流量, 包括动脉(大、中、小动脉)、毛细血管、静脉

及静脉窦。当动脉狭窄引起脑低灌注时, 可通过侧枝循环开放和血管扩张两种代偿反应来稳定局部CBF, 当脑组织持续处于低灌注时, 脑组织启动脑代谢储备途径, 即通过增加摄取氧及葡萄糖

来维持脑内代谢。CBV是指一定量脑组织血管结构的血容量, 包括毛细血管和大血管在内的血管床容积, 影响因素有血管狭窄程度、侧枝循环代偿程度和血管代偿扩张能力。TTP是从开始注射对比剂到浓度达到峰值的时间, TTP延长认为是侧支循环或慢血流的结果。MTT是指血液流经血管结构(包括动脉、毛细血管、静脉及静脉窦等)所用的时间, MTT对区分正常脑组织和缺血脑组织非常敏感, 但对缺血损害的程度以及发生脑梗死危险性的评价上不如CBF和CBV^[3-5]。

3.2 灌注值及感兴趣区的选择、测量

3.2.1 灌注值: CTP原始数据经过后处理软件处理得到4组伪彩图, 不仅直观观察两侧色彩变化, 且可以进行定量测定, 其所得到数值为绝对灌注值, 可初步测算了解灌注情况。

3.2.2 感兴趣区: 本研究感兴趣区选择在MIP图上进行测量, 其可较好识别血管及脑沟, 避免测量不准确, 感兴趣区尽量选在病灶最大层面, 用不规则形进行勾画, 分别手动在左右侧进行测量。

3.3 感兴趣区域间灌注值测量的差异 本组研究1、显示灰质、白质、豆状核、尾状核、背侧丘脑及内囊CBV、CBF、MTT及TTP比较均有统计学差异, 提示各区域血供差异所致; 2、进一步两两比较, 豆状核和尾状核CBV、CBF、MTT及TTP之间比较无统计学差异, 豆状核和尾状核均由大脑前动脉深穿支及大脑中动脉M1段分支外侧豆纹动脉供血^[6], 二者位置接近, 因此各参数接近: 3、背侧丘脑及内囊CBV及CBF有统计学差别, MTT和TTP之间比较无统计学差异, 内囊主要由大脑前、

中动脉中央支供血，背侧丘脑主要由大脑后动脉供血，且二者形态不一、体积不一，故两者血容量及血流量有差别，但平均通过时间及达峰时间无统计学差别，提示与血管数目、走行、管径、侧枝循环及先天变异有关；4、余各组之间参数比较均有统计学差异。

额颞顶叶CBV、CBF、TTP之间比较无统计学差异，三者MTT比较有统计学差异，MTT(颞叶) > MTT(额叶) > MTT(顶叶)，具体原因额颞顶叶主要由颈内动脉分支大脑前中动脉供血，顶叶部分由大脑后动脉供血，MTT为平均通过时间，大脑前动脉管径较大脑中动脉管径细，同样的血容量情况下，管径细的流速快，其次，大

脑中动脉分支多，也会致MTT延长，此外平均通过时间与脑组织容积亦有关系^[7]。侧脑室前后角旁CBV、CBF、MTT之间比较无统计学差异，两者TTP比较有统计学差异，与局部供血动脉走行、管径、分支有关。

正常人群颅脑灌注参数的测量，可以为颅脑疾病灌注研究及诊断奠定基础，本研究例数有限，仍需将来大样本研究。

参考文献

- [1] 季立标, 王德杭. 脑CT灌注成像对比剂注射速率与剂量实验研究 [D]. 南京: 南京医科大学, 2016.
- [2] 崔若棣, 易明岗. CT灌注与MR灌注加权成像评价烟雾病血管重建术对烟雾病患者短期脑血流的影响 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2012, 31(2): 277-282.
- [3] 高培毅. 脑梗死前期脑局部低灌注成像的CT灌注成像表现及分期 [J]. 中华放射学杂志, 2008, 3(2): 115-116.
- [4] 李乾露, 杨德雨, 刘波, 等. 脑供血侧枝循环的影像学评估 [J]. 中国卒中杂志, 2015, 10(2): 175-180.
- [5] 罗沛霖, 李龙, 周毅方, 等. 不同管电流对正常颅脑CT灌注参数和辐射剂量的影响 [J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(2): 277-282.
- [6] 韩晓红, 李晓鹏, 李培, 等. 大脑中动脉M1段的显微解剖与血管造影对照观测及临床意义 [J]. 中国临床解剖学杂志, 2012, 3(2): 154-157.
- [7] 魏建强, 李健, 马剑, 等. CT和MRI在脑血管疾病中的诊断有效性及效果观察 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14(7): 18-20.

(本文编辑: 黎永滨)

【收稿日期】 2017-03-25

(上接第 3 页)

- [10] Regina E, Klaus S, Eva R, et al. Potential of Diffusion Tensor Imaging and Relaxometry for the Detection of Specific Pathological Alterations in Parkinson's Disease (PD) [J]. Plos One, 2015, 10(12): e0145493.
- [11] 凌晴, 林丽萍, 胡世红, 等. 磁共振弥散张量成像在脑卒中后皮质脊髓束损伤与运动功能的相关性研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2016,

- 31(2): 140-144.
- [12] 王苇, 赵义, 周龙江, 等. 脑梗死偏瘫患者针刺下神经作用机制的血氧水平依赖性功能磁共振成像及弥散张量成像研究 [J]. 中华物理医学与康复杂志, 2015, 37(9): 662-667.
- [13] 李香春, 刘江红, 王海平, 等. 弥散张量成像对遗忘型轻度认知障碍诊断和预后评估的价值 [J]. 中国全科医学, 2016, 19(11): 1282-1287.
- [14] 黎肖弟, 卢健军, 王玉周, 等. 皮质脊髓束磁共振弥散张量成像在鉴别帕金森病和帕金森叠加征中的应用 [J]. 广东医学, 2016, 37(8): 1190-1193.
- [15] 陆强彬, 朱祖福, 姜岐涛, 等. 磁共振弥散张量成像评价脑梗死视辐射损伤的研究 [J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(7): 818-820.

(本文编辑: 黎永滨)

【收稿日期】 2017-10-27