



急性缺血性脑梗死头颅CT灌注参数与侧支循环分级的相关性分析

郑璇, 马宣传, 沈俊杰, 徐加利, 陈偏偏, 谢宗玉

引用本文:

郑璇, 马宣传, 沈俊杰, 等. 急性缺血性脑梗死头颅CT灌注参数与侧支循环分级的相关性分析[J]. 蚌埠医学院学报, 2020, 45(12): 1692-1696.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.12.026>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

觉醒型缺血性卒中与6h内缺血性卒中CT灌注成像特点比较

Characteristics of CT perfusion imaging in wake-up ischemic stroke and ischemic stroke within 6 hours
蚌埠医学院学报. 2017, 42(2): 238-240 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2017.02.033>

磁敏感加权成像早期评价急性脑梗死患者预后及脑血容量的相关性分析

Correlation analysis of the prognosis evaluated by SWI with CBV in the early acute cerebral infarction patients

蚌埠医学院学报. 2016, 41(4): 462-463,466 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2016.04.011>

大豆异黄酮对大鼠缺血再灌注脑组织CaMK II 表达的影响

Effect of soybean isoflavones on the expression of CaMK II in cerebral ischemia/reperfusion tissue in rats

蚌埠医学院学报. 2017, 42(9): 1153-1155,1159 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2017.09.001>

CT灌注成像技术对颈动脉狭窄支架置入术的疗效评价

Application value of CT perfusion imaging in evaluating the efficacy of the carotid artery stenting

蚌埠医学院学报. 2017, 42(3): 313-316 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2017.03.009>

颅内动脉狭窄数目与脑梗死严重程度的相关性研究

Study on the correlation between the number of intracranial artery stenosis and severity of cerebral infarction

蚌埠医学院学报. 2019, 44(7): 911-914 <https://doi.org/10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2019.07.017>

急性缺血性脑梗死头颅 CT 灌注参数 与侧支循环分级的相关性分析

郑璇, 马宣传, 沈俊杰, 徐加利, 陈偏偏, 谢宗玉

[摘要] **目的:**探讨 2 种头颅 CT 灌注(CTP)参数阈值法下的急性脑梗死病例梗死核心、缺血半暗带体积及错配率与侧支循环分级间的关系。**方法:**收集发病时间 24 h 内急性缺血性脑梗死 48 例,所有病例 CTP 存在灌注不足且 CT 血管造影(CTA)提示一侧颈内动脉或大脑中动脉狭窄或闭塞,根据 CTA 将侧支循环分为良好、一般及不良 3 个级别,分别使用 2 种 CTP 阈值法, Tmax-rCBF 法($T_{max} > 6$ s 定义低灌注区, $rCBF < 30\%$ 定义梗死核心)及 rMTT-CBV 法($rMTT > 145\%$ 定义低灌注区, $CBV < 2$ mg/100 g 定义梗死核心),测量梗死核心、缺血半暗带体积并计算错配率,并比较上述结果与侧支循环分级的相关性。**结果:**2 种阈值法所测得的梗死核心体积与侧支分级呈负相关,缺血半暗带体积及错配率与侧支分级呈正相关($P < 0.01$),并且 Tmax-rCBF 法($r_{\text{半暗带}} = 0.796/r_{\text{错配率}} = 0.880$)缺血半暗带体积及错配率较 rMTT-CBV 法($r_{\text{半暗带}} = 0.601/r_{\text{错配率}} = 0.737$)与侧支分级相关性更强。**结论:**侧支循环优良与梗死核心、缺血半暗带体积及错配率密切相关,且 Tmax-rCBF 阈值法定义的缺血半暗带体积及错配率与侧支循环分级相关性更好。

[关键词] 脑梗死; 头颅 CT 灌注; 侧支循环; 缺血半暗带; 梗死核心; 错配率

[中图分类号] R 743.33 **[文献标志码]** A **DOI:** 10.13898/j.cnki.issn.1000-2200.2020.12.026

Correlation analysis between CT perfusion parameters and collateral circulation grade in acute ischemic cerebral infarction

ZHENG Xuan, MA Yi-chuan, SHENG Jun-jie, XU Jia-li, CHEN Pian-pian, XIE Zong-yu

(Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Bengbu Medical College, Bengbu Anhui 233004, China)

[Abstract] **Objective:** To investigate the relationship between infarct core, ischemic penumbra volume and mismatch ratio by parameter threshold method in two methods CT perfusion(CTP) parameter threshold, and collateral grading in acute cerebral infarction cases. **Methods:** Forty-eight patients with acute ischemic cerebral infarction within 24 hours of onset were collected, and the cerebral CTP deficiency and CT angiography(CTA) confirming lateral internal carotid artery or middle cerebral artery occlusion in all cases were analyzed. According to the results of CTA, the collateral circulation was classified into the good, normal and bad grades. The volume of infarct core and ischemic penumbra, and mismatch ratio were explored using two CTP threshold methods the Tmax-rCBF ($T_{max} > 6$ s defined as hypoperfusion area, $rCBF < 30\%$ defined as infarct core) and rMTT-CBV ($rMTT > 145\%$ defined as hypoperfusion area, $CBV < 2$ mg/100 g defined as infarct core). The correlation between the above results with collateral grading was analyzed. **Results:** The results of two threshold methods showed that the volume of infarct core was negatively correlated with the collateral grading, while the volume of ischemic penumbra and mismatch ratio were positively correlated with the collateral grading ($P < 0.01$). Moreover, the correlation between the ischemic penumbra volume and mismatch ratio measured by Tmax-rCBF ($r_{\text{penumbra}} = 0.796/r_{\text{mismatch ratio}} = 0.880$) and collateral grading was better than that by rMTT-CBV ($r_{\text{penumbra}} = 0.601/r_{\text{mismatch ratio}} = 0.737$). **Conclusions:** The good collateral circulation is significantly related to the volume of infarct core, ischemic penumbra and mismatch ratio, and the correlation of ischemic penumbra volume with mismatch ratio of ischemic defined by Tmax-rCBF is better than that of rMTT-CBV.

[Key words] cerebral infarction; cerebral CT perfusion; collateral circulation; ischemic penumbra; infarct core; mismatch ratio

缺血半暗带(ischemic penumbra, IP) 1981 年被

ASTRUP 等^[1]定义为脑组织的低灌注区域,若在时间窗内局部血流量恢复则可避免完全梗死。IP 的保存有赖于大量侧支循环的建立,低灌注区域内侧支血管开通及再灌注将明显改善临床预后,降低缺血性脑梗死不良事件的发生率^[2-3]。相比磁共振弥散加权成像(DWI)及灌注加权成像(PWI),头颅 CT 灌注成像(CTP)检查后处理速度快,能够生成全脑灌注参数伪彩图,有利于区分低灌注区域内的 IP 和梗死核心。不仅如此,CTP 还能够帮助临床筛选需

[收稿日期] 2020-04-30 [修回日期] 2020-12-10

[基金项目] 安徽省教育厅自然科学研究重点项目(KJ2019A0402);
安徽省高等教育省级质量工程重点项目
(2019mocc590)

[作者单位] 蚌埠医学院第一附属医院 放射科,安徽 蚌埠 233004

[作者简介] 郑璇(1991-),女,硕士,住院医师。

[通信作者] 谢宗玉,硕士,硕士研究生导师,副主任医师,副教授. E-mail: zongyuxie@sina.com

要再灌注治疗的病人、缩短发病到接受治疗的时间,提高血管内介入治疗成功率^[4]。然而,鉴别 IP 和梗死核心的 CTP 各参数阈值目前在临床上并没有一致性共识^[5-7],本研究旨在比较两种 CTP 阈值法,测量梗死核心及 IP 体积,计算错配率,并结合头颈部 CT 血管造影(CTA)结果分析其与侧支循环分级之间的关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2018 年 12 月至 2019 年 12 月因急性脑梗死(acute cerebral infarction, ACI)入院并行 CTP 及 CTA 检查病人共 48 例。入选标准:(1)年龄 > 18 岁;(2)发病时间不超过 24 h;(3)所有病人行影像学检查前未行溶栓治疗或血管内介入取栓术;(4)CTP 提示灌注不足,CTA 提示一侧颈内动脉(ICA)或大脑中动脉(MCA)狭窄或闭塞。排除标准:(1)发病时间不明确;(2)存在颅内肿瘤,既往脑梗死、癫痫及阿尔兹海默病等病史;(3)存在颅内出血干扰图像评价;(4)其他原因造成的图像质量不达标。将 48 例 ACI 病人依据侧支循环分级分 3 组,其中良好组 9 例,男 4 例,女 5 例,年龄(61.22 ± 11.12)岁;一般组 22 例,男 16 例,女 6 例,年龄(61.91 ± 16.60)岁;不良组 17 例,男 8 例,女 9 例,年龄(63.71 ± 8.91)岁。3 组年龄、性别等一般资料差异均无统计学意义,均具有可比性($P < 0.05$)。

1.2 扫描方法与参数 CTP 及 CTA 检查采用美国 GE 公司 256 排 Revolution CT 扫描仪,所有病人均行头颅 CT 平扫(排除陈旧性梗死、出血性病变及颅内肿瘤)、全脑 CTP 及头颈部 CTA 扫描,平扫及全脑 CTP 范围为颅顶至颅底,层厚 5 mm,层间距 5 mm,CTP 扫描使用 16 cm 宽体探测器,球管旋转速度 0.28 s,管电压 80 kV,管电流 150 mAs, DFOV 25 cm × 35 cm, ASiR-V 重建算法,经肘静脉首先注入 0.9% 氯化钠溶液 20 mL,再团注造影剂(碘克沙醇 320 mgI/mL)50 mL,速度 5 mL/s,最后注入 40 mL 0.9% 氯化钠溶液冲洗。造影剂注入 5 s 后开始图像采集,每期 2 s,共采集 20 期。CTA 扫描范围为主动脉弓水平至颅顶,管电压 100 kV,管电流 250 mAs,造影剂用量 60 mL,流速 4 mL/s。

1.3 图像后处理及分析 CTP 扫描图像传至 GE AW4.7 工作站处理分析,使用 CT perfusion 4D 软件包由去卷积算法生成脑血流量(CBF)、脑血容量(CBV)、平均通过时间(MTT)及达峰时间(Tmax)参数伪彩图,定义 IP 体积 = 低灌注区体积 - 梗死核

心体积,错配率 = IP 体积/梗死核心体积。两种 CTP 参数阈值法分别为:(1) Tmax > 6 s 定义低灌注区^[8], rCBF < 30% 定义梗死核心^[6](简称 Tmax-rCBF 法);(2) rMTT > 145% 定义低灌注区, CBV < 2.0 mL/100 g 定义梗死核心^[7](简称 rMTT-CBV 法)。在 Tissue Classification 界面设置各参数阈值,得到相应区域体积,相对值(rCBF、rMTT)为患侧与镜像正常半球参数值比值(见图 1)。

CTA 图像由 2 名放射科主治医师(3 年以上工作经验)测量并分析,意见不一致时协商决定。由多平面重组、曲面重组及容积再现图确定责任血管位置,横断位最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)确定侧支循环分级,认为缺血区域内完全没有侧支血管存在为等级 0,侧支血管填充面积 < 50%、50% ~ 100%、100% 分别为等级 1、2、3^[9],为了方便统计,本研究将等级 0 和 1 定义为侧支循环不良,2 为一般,3 为良好(见图 1)。

1.4 统计学方法 采用方差分析、 χ^2 检验、Kruskal-Wallis 检验和 Spearman 秩相关检验。

2 结果

2.1 2 种阈值法所测参数比较 Tmax-rCBF 法所测参数组间比较差异均具有统计学意义($P < 0.01$), rMTT-CBV 法所测参数中,IP 体积在良好组和一般组间差异无统计学意义($P > 0.05$),错配率在一般组和不良组间差异无统计学意义($P > 0.05$)(见表 1)。

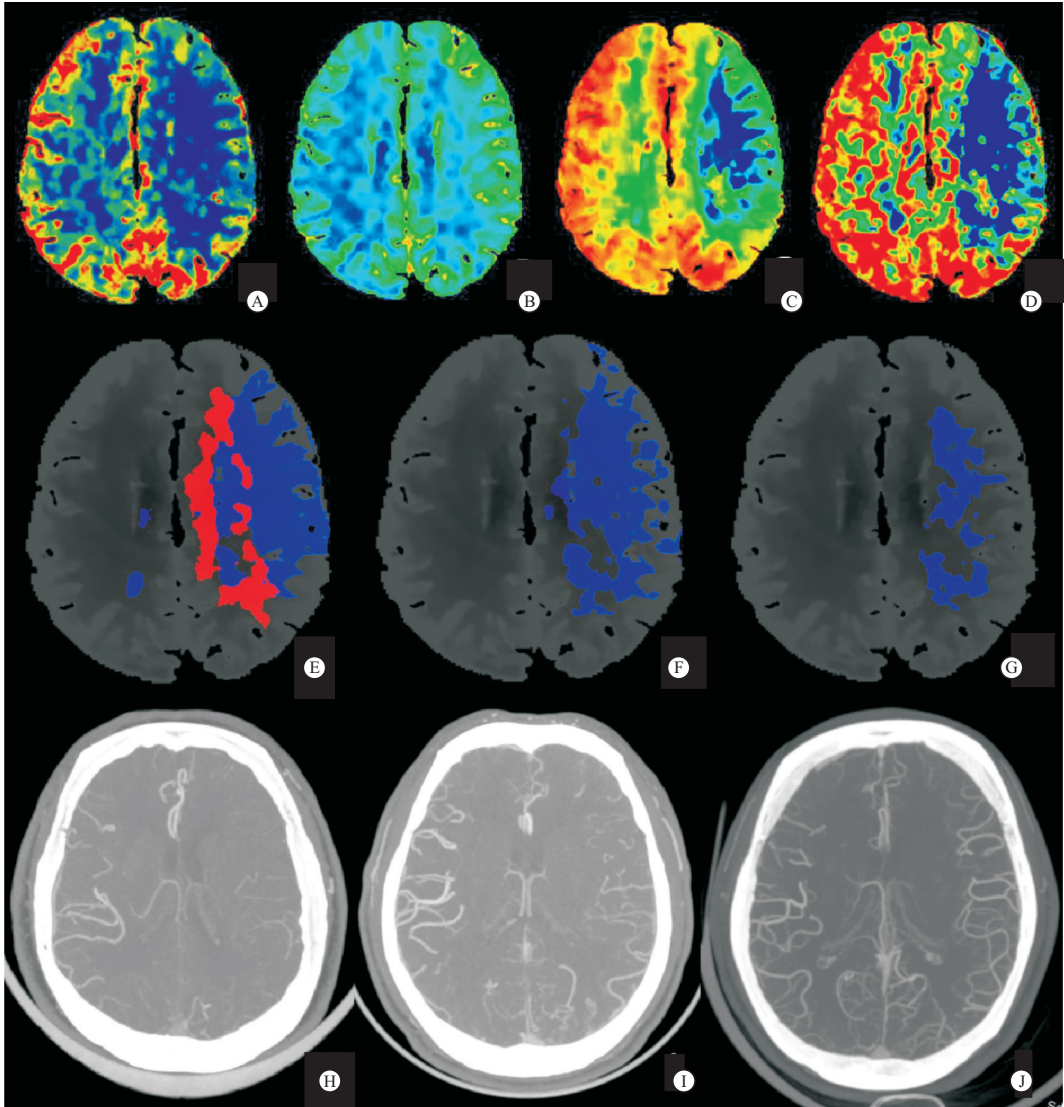
2.2 2 种阈值法与侧支分级相关性分析 2 种阈值法的梗死核心体积与侧支循环分级呈负相关,梗死核心体积越大侧支分级越低,相关系数大致相仿($r_{Tmax-rCBF} = -0.67$, $r_{rMTT-CBV} = -0.65$, $P < 0.01$); IP 体积及错配率与侧支分级呈正相关,IP 体积及错配率越大侧支分级越高,并且 Tmax-rCBF 法($r_{半暗带} = 0.80$, $r_{错配率} = 0.88$, $P < 0.01$)较 rMTT-CBV 法($r_{半暗带} = 0.60$, $r_{错配率} = 0.74$, $P < 0.01$)与侧支分级的相关性更强(见图 2、表 1)。

3 讨论

本研究在分析 48 例 ACI 病人的头颅 CTP 参数及 CTA 侧支情况后发现,梗死核心体积越大侧支分级越低,IP 体积越大、错配率越高侧支分级越高,这一结果基本与文献^[10-11]符合。IP 脑组织的细胞状态介于电生理失常与能量离子泵衰竭之间^[1],对应组织由功能损伤向形态学改变方向过渡,而侧支循

环通常被认为是脑组织发生急性缺血时,为了保持颅内血流量稳定而存在的补充性结构,因此侧支循环的开放对于 IP 向梗死灶方向转化有关键性影响。SIMON 等^[12]通过单因素及协方差分析后也表示只有侧支循环和再灌注治疗才能延缓 IP 丢失的速度。所以,梗死核心小且侧支循环良好的病例为临床血管再灌注治疗的最佳候选^[13]。错配的概念来源于 MRI, PWI-DWI 模型认为 DWI 高信号区为梗死区,

周围 PWI 灌注不足区为 IP^[14],但这一模型有不足之处,如 DWI 高信号区内可能包含可逆转的良性低灌注区,此外,部分低灌注区域 DWI 信号可能正常。而实际上不匹配区是近端供动脉闭塞与侧支血管开放或建立并存的区域,良好的侧支循环能保护更多可挽救的半暗带组织,并保证错配率的稳定性^[15]。



图A-D分别为CBF、CBV、Tmax、MTT伪彩图;图E为rMTT-CBV法测量示意图(蓝色区域:rMTT<145%,红色区域:CBV<2 mL/100g);图F-G为Tmax-rCBF法测量示意图,其中F蓝色区域Tmax>6 s, G蓝色区域rCBF<30%;图H-J依次为侧支循环1、2、3级

图1 ACI病人CTP图像

本文未探讨发病时间与 CTP 参数的关系,因为既往多数研究^[15-16]结果都显示发病时间与可挽救的半暗带体积、错配率,甚至是梗死核心体积增长之间没有明确关联,有研究^[17]甚至表明 15 h 内所测得的梗死核心及半暗带体积并不会发生变化,而事实上在 24 h 内,发病时间和错配率之间也没有明显关

联性,VAGAL 等^[16]也认为半暗带的自然演变及治疗时间窗应放宽至 24 h,因此本研究将发病时间 24 h 以内作为纳入标准。

本研究中,Tmax-rCBF 法较 rMTT-CBV 法与侧支循环分级的相关性更好,也即 Tmax > 6 s 定义的低灌注区及 rCBF < 30% 定义的梗死核心与侧支循

环的优良有较强关联性。在对鉴别梗死核心的参数研究中有文献^[5]提出 $rCBF < 40\%$ 、相对延迟时间大于 2 s 是敏感又精确的指标,另有文献^[6]表明, $rCBF$ 是鉴别不可挽救组织(梗死核心)最好的 CTP 参数,虽然梗死核心的预测还受图像平滑度及去卷积算法的影响,但相比较 CBV 更加准确,最佳阈值为患侧 CBF 值小于对侧的 31%。 $T_{max} > 6$ s 作为 IP 最佳阈值最早是基于 MRI-PWI 的研究,结果表明 T_{max} 在发现濒临梗死组织和预测临床预后方面有较高的价值^[18],但 T_{max} 在 CT 灌注成像中的研究还没有

得到证实,直到 CAMPBELL 等^[19]在比较 CT 和 MRI 的共同灌注参数 T_{max} 后提出, $MRI-T_{max} > 6$ s 与 $CT-T_{max} > 6.2$ s 是最匹配的(AUC = 0.87)。 MTT 是一个与脑血流动力学相关的参数,SUN 等^[20]的研究认为 MTT 对于血液流变学改变区域非常敏感,包括梗死核心、IP 以及外周良性灌注不足区,但 MTT 没有明确的鉴别标准。YU 等^[21]在应用 $rMTT > 150\%$ 定义半暗带时发现,这个方法受后处理算法的影响较大,在实际测量时不稳定、可重复性较低,容易高估半暗带的体积大小。

表 1 侧支分级组间 2 种阈值法比较($\bar{x} \pm s$)

侧支分级	n	T_{max} -rCBF 法			rMTT-CBV 法		
		IP($\bar{x} \pm s$)/ cm^3	梗死核心($\bar{x} \pm s$)/ cm^3	错配率[n;百分率(%)]	IP($\bar{x} \pm s$)/ cm^3	梗死核心($\bar{x} \pm s$)/ cm^3	错配率[n;百分率(%)]
良好组	9	34.1 ± 9.3	7.9 ± 3.6	4.5(2.3)	29.1 ± 10.7	11.2 ± 2.7	2.8(0.8)
一般组	22	27.8 ± 5.7 *	18.2 ± 8.3 **	1.4(0.9) **	24.2 ± 8.4	20.1 ± 6.5 **	1.3(1.3) **
不良组	17	13.6 ± 4.3 * * ##	27.3 ± 8.8 * * ##	0.5(0.4) * * #	12.8 ± 5.8 * * ##	29.0 ± 10.1 * * ##	0.4(0.4) * *
F	—	41.42	18.41	36.36 [△]	15.01	17.05	25.45 [△]
P	—	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
MS _{组内}	—	37.112	61.987	—	65.243	57.283	—

与良好组比较 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$;与一般组比较 # $P < 0.05$, ## $P < 0.01$; Δ 示 χ^2 值

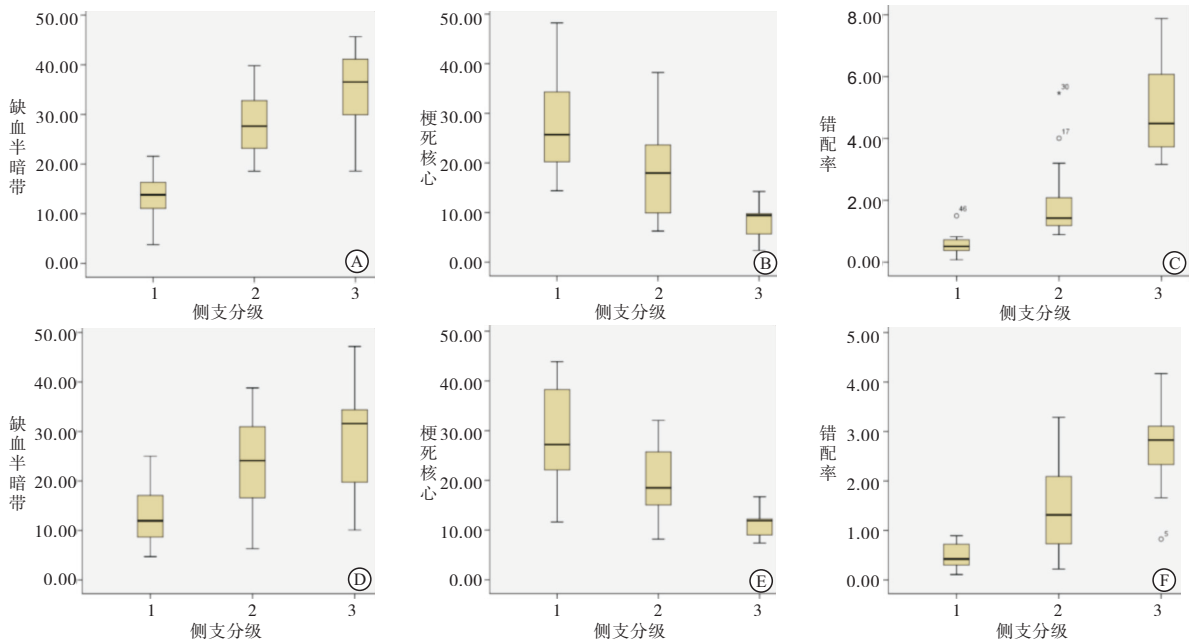


图2 T_{max} -rCBF 阈值法(A~C)与 rMTT-CBV 阈值法(D~F)所测缺血半暗带、梗死核心体积及错配率与侧支分级关系箱图

本研究仍有局限性。首先,样本量较少,需要后续纳入更多病例对结果加以验证。其次,本研究中应用单时相 CTA 判定侧支循环水平,而部分侧支可能于多时相 CTA 的静脉期或延迟期显影,一定程度上低估了部分病例侧支循环分级。此外,没有纳入神经功能缺损评分等临床诊断指标,同时缺少病人复查、随访的影像学资料,以上不足有待在今后研究

中进一步完善、改进。

[参 考 文 献]

- [1] ASTRUP J, SIESJO BK, SYMON L. Thresholds in cerebral ischemia—the ischemic penumbra[J]. Stroke, 1981, 12(6): 723.
- [2] FANOU EM, KNIGHT J, AVIV RI, et al. Effect of collaterals on clinical presentation, baseline imaging, complications, and outcome in acute stroke[J]. Ajnr Am J Neuroradiol, 2015, 36(12): 2285.

- [3] LIEBESKIND DS, TOMSICK TA, FOSTER LD, *et al.* Collaterals at angiography and outcomes in the interventional management of stroke (IMS) III trial[J]. *Stroke*,2014,45(3):759.
- [4] CAMPBELL BC, MITCHELL PJ, KLEINIG TJ, *et al.* Endovascular therapy for ischemic stroke with perfusion-imaging selection[J]. *N Engl J Med*,2015,372(11):1009.
- [5] BIVARD A, SPRATT N, LEVI C, *et al.* Perfusion computer tomography: imaging and clinical validation in acute ischaemic stroke[J]. *Brain A J Neurol*,2011,134(11):3408.
- [6] CAMPBELL BC, CHRISTENSEN S, LEVI CR, *et al.* Cerebral blood flow is the optimal CT perfusion parameter for assessing infarct core[J]. *Stroke*,2011,42(12):3435.
- [7] WINTERMARK M, FLANDERS AE, VELTHUIS B, *et al.* Perfusion-CT assessment of infarct core and penumbra receiver operating characteristic curve analysis in 130 patients suspected of acute hemispheric stroke[J]. *Stroke*,2006,37(4):979.
- [8] LANSBERG MG, STRAKA M, KEMP S, *et al.* Magnetic resonance imaging profile and response to endovascular reperfusion; results of the defuse 2 prospective cohort study[J]. *Lancet Neurol*,2012,11(10):860.
- [9] TAN IY, DEMCHUK AM, HOPYAN J, *et al.* CT Angiography clot burden score and collateral score: correlation with clinical and radiologic outcomes in acute middle cerebral artery infarct[J]. *Am J Neuroradiol*,2009,30(3):525.
- [10] NANNONI S, CEREDA CW, SIRIMARCO G, *et al.* Collaterals are a major determinant of the core but not the penumbra volume in acute ischemic stroke[J]. *Neuroradiology*,2019,61(9):971.
- [11] VAGAL A, MENON BK, FOSTER LD, *et al.* Association between CT angiogram collaterals and CT perfusion in the interventional management of stroke III trial[J]. *Stroke*,2016,47(2):535.
- [12] SIMON J, MARC G, JOHANNES S, *et al.* Factors that determine penumbral tissue loss in acute ischaemic stroke[J]. *Brain*,2013,136(12):3554.
- [13] ALBERS GW. Late window paradox[J]. *Stroke*,2018,49(3):768.
- [14] BAIRD AE, BENFIELD A, SCHLAUG G, *et al.* Enlargement of human cerebral ischemic lesion volumes measured by diffusion-weighted magnetic resonance imaging. [J]. *Annals Neurol*,2010,41(5):581.
- [15] VON BAUMGARTEN L, THIERFELDER KM, BEYER SE, *et al.* Early CT perfusion mismatch in acute stroke is not time-dependent but relies on collateralization grade [J]. *Neuroradiology*,2016,58(4):357.
- [16] VAGAL A, AVIV R, SUCHAREW H, *et al.* Collateral clock is more important than time clock for tissue fate: A natural history study of acute ischemic strokes[J]. *Stroke*,2018,49(9):2102.
- [17] QIAO Y, ZHU G, PATRIE J, *et al.* Optimal perfusion computed tomographic thresholds for ischemic core and penumbra are not time dependent in the clinically relevant time window[J]. *Stroke*,2014,45(5):1355.
- [18] OLIVOT JM, MLYNASH M, THIJS VN, *et al.* Optimal tmax threshold for predicting penumbral tissue in acute stroke [J]. *Stroke*,2008,40(2):469.
- [19] CAMPBELL BCV, CHRISTENSEN S, LEVI CR, *et al.* Comparison of computed tomography perfusion and magnetic resonance imaging perfusion-diffusion mismatch in ischemic stroke [J]. *Stroke*,2012,43(10):2648.
- [20] SUN Z, ZHANG X, ZHANG Y, *et al.* Estimation of the ischemic penumbra based on CT perfusion[J]. *Academic Radiol*,2010,17(12):1535.
- [21] YU Y, HAN Q, DING X, *et al.* Defining core and penumbra in ischemic stroke: a voxel- and volume-based analysis of whole brain ct perfusion[J]. *Sci Rep*,2015,6:20932.

(本文编辑 刘畅)

(上接第 1691 页)

断,必要时还需要联合⁹⁹Tcm-MIBI 检查。

[参 考 文 献]

- [1] 邓艳华,刘建民. 甲状旁腺恶性肿瘤的鉴别[J]. *诊断学理论与实践*,2010,9(6):622.
- [2] 王寅,薛改琴,王宇翔,等. 正常甲状旁腺超声特点及其临床意义[J]. *肿瘤研究与临床*,2019,31(10):690.
- [3] 章建全,仇明. 正常人甲状旁腺超声影像特征的筛查及验证[J]. *第二军医大学学报*,2013,34(5):349.
- [4] 张俊花,薛改琴. 彩色多普勒超声对原发性甲状旁腺肿瘤的诊断价值[J]. *中国药物与临床*,2015,15(4):507.
- [5] 谭典,崔爱民,柏楠,等. 甲状旁腺瘤 8 例的诊治及围手术期 PTH、Ca 水平分析[J]. *山西医科大学学报*,2017,48(10):1066.
- [6] 周远. 39 例甲状旁腺腺瘤的临床特点及外科治疗分析[D]. 吉林:吉林大学,2018.
- [7] 张小会,胡成进,王延群. 甲状旁腺激素及其他生化指标在继发性甲状旁腺功能亢进手术中的应用[J]. *国际检验医学杂志*,2019,40(17):2128.
- [8] 童传明,郑荆州,吴高松. 原发性甲状旁腺功能亢进症 115 例诊治分析[J]. *中华内分泌外科杂志*,2016,10(1):45.
- [9] MOURE D, LARRANAGA E, DOMINGUEZ GL, *et al.* ⁹⁹mTcsestamibi as sole technique in selection of primary hyperparathyroidism patients for unilateral neck exploration[J]. *Surgery*,2008,144(3):454.
- [10] NIECIECKI M, CACKO M, KROLICKI L. The role of ultrasound and nuclear medicine methods in the preoperative diagnostics of primary hyperparathyroidism[J]. *J Ultrason*,2015,63(15):398.
- [11] 张俊花. 超声检查在甲状旁腺疾病诊疗中的临床应用[J]. *肿瘤影像学*,2019,28(4):271.
- [12] FANG C, KONSTANTATOU E, MULHOLLAND NJ, *et al.* A retrospective review of the role of B-mode and color doppler ultrasonography in the investigation of primary hyperparathyroidism: features that differentiate benign from malignant lesions [J]. *J Ultrason*,2018,26(2):110.

(本文编辑 卢玉清)