

· 论著 ·

双能CT能谱成像增强定量参数在颈动脉粥样硬化斑块性质评估中的应用

闫娅男 郑吟诗 李玉舟 贾 庶 李依明*

商丘市第一人民医院CT室 (河南 商丘 476100)

【摘要】目的 研究双能CT能谱成像增强定量参数在颈动脉粥样硬化斑块性质评估中的应用效果。**方法** 回顾性分析2020年7月至2021年7月我院收治的120例颈动脉粥样硬化患者临床资料, 所有患者均行双能CT能谱成像增强定量参数检查。以病理检查结果为“金标准”, 记录动脉粥样硬化斑块检出率, 比较双能CT能谱成像增强定量参数检查的灵敏度、特异度与准确度, 评估双能CT能谱成像增强定量参数检查与病理检查结果的一致性。记录颈动脉粥样硬化斑块类型, 比较不同斑块类型的CT成像特征(溃疡、管壁增厚、颅内血管病变)及能谱曲线参数(有效原子序数、能谱曲线斜率)。**结果** 病理检查检出颈动脉粥样硬化斑块108例, 双能CT能谱成像增强定量参数检查颈动脉粥样硬化斑块105例, 检出率为87.50%, 灵敏度为96.30%、特异度为91.67%、准确度为95.83%, 与病理检查结果具有一致性。105例颈动脉粥样硬化斑块患者共检测斑块290处, 其中脂质斑块92处、混合斑块78处、纤维斑块67处、钙化斑块53处, 不同类型斑块的CT成像特征及能谱曲线参数比较差异均具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 双能CT能谱成像增强定量参数可用于筛查颈动脉粥样硬化斑块, 能准确评估斑块性质, 对临床判断颈动脉粥样硬化斑块类型及后续治疗具有参考价值。

【关键词】 双能CT能谱成像; 颈动脉粥样硬化; 斑块性质; 血管成像; 应用效果

【中图分类号】 R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 河南省医学科技攻关计划(联合共建)项目 (LHGJ20191496)

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2022.12.016

Application of Quantitative Parameters of Enhanced Dual-Energy Spectral CT in Evaluating Carotid Atherosclerotic Plaque Properties

YAN Ya-nan, ZHENG Yin-shi, LI Yu-zhou, JIA Shu, LI Yi-ming*

CT Room, First People's Hospital of Shangqiu, Shangqiu 476100, Henan Province, China

Abstract: Objective To study the application effect of quantitative parameters of enhanced dual-energy spectral CT in evaluating carotid atherosclerotic plaque properties. **Methods** The clinical data of 120 patients with carotid atherosclerosis admitted to the hospital from July 2020 to July 2021 were retrospectively analyzed. All patients underwent enhanced dual-energy spectral CT examination, and the quantitative parameters were recorded. Pathological results were taken as the golden standard, and the detection rate of atherosclerotic plaques was recorded. The sensitivity, specificity and accuracy of quantitative parameters of enhanced dual-energy spectral CT were analyzed. The consistency of these quantitative parameters of enhanced dual-energy spectral CT with pathological results was analyzed. The types of carotid atherosclerotic plaques were recorded. CT findings (ulcer, wall thickening and intracranial vascular lesions) and energy spectrum curve parameters (effective atomic number and energy spectrum curve slope) of different plaques were compared. **Results** Pathological results showed 108 cases of carotid atherosclerotic plaques, and quantitative parameters of enhanced dual-energy spectral CT showed 105 cases of carotid atherosclerotic plaques, with a detection rate of 87.50%. The sensitivity, specificity and accuracy were 96.30%, 91.67% and 95.83%, indicating consistency with pathological results. A total of 290 plaques were detected in 105 patients with carotid atherosclerotic plaques, including 92 lipid plaques, 78 mixed plaques, 67 fibrous plaques, and 53 calcified plaques. There were statistically significant differences in CT findings and energy spectrum curve parameters among different types of plaques ($P<0.05$). **Conclusion** The quantitative parameters of enhanced dual-energy spectral CT can be used to screen carotid atherosclerotic plaques. In addition, they can help evaluate plaque properties, thereby providing reference for subsequent treatment.

Keywords: Dual-energy Spectral CT; Carotid Atherosclerosis; Plaque Property; Angiography; Application Effect

颈动脉粥样硬化为动脉壁增厚且丧失弹性的几种疾病总称, 是动脉硬化的常见类型^[1]。颈动脉能够反应全身动脉状态, 颈动脉粥样硬化仅为全身动脉硬化的局部表现, 与脑血管疾病、心血管疾病密切相关。刘良进等^[2]研究表明, 缺血性卒中中发生的危险性因素为颈动脉粥样硬化斑块易损斑块破裂。易损斑块富含脂质、钙化少、纤维基质成分少且斑块内由出血倾向^[3]。因此早期诊断斑块、识别斑块性质成分具有重要意义。目前临床常采用传统超声检查, 但超声检查分辨率较低, 只能粗略分析斑块成分, 无法准确评估斑块性质, 且易受主观因素影响^[4]。双能CT是一种新兴影像学检查手段, 具有快速、安全、简便等优势, 已成功应用与胃癌^[5]、肺癌^[6]等疾病筛查中。基于此, 本研究选取120例颈动脉粥样硬化患者进行双能CT能谱成像增强定量参数, 探讨该项检查对颈动脉粥样硬化斑块性质评估的应用效果, 以期日后临床筛查此类疾病提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2020年7月至2021年7月我院收治的

120例颈动脉粥样硬化患者临床资料。

纳入标准: 满足颈动脉粥样硬化疾病诊断标准^[7]; 经超声、MRI影像学检查显示颈动脉内膜增厚 $\geq$ 同层血管直径30%; 临床资料完整者。排除标准: 对碘试剂存在过敏反应者; 存在或既往有脑出血病史者; 合并脑部肿瘤者; 伴严重颅内损伤或感染者; 合并认知功能障碍或精神类疾病者。其中男性67例, 女性53例; 年龄42~71岁, 平均(60.59 $\pm$ 3.47)岁; 病程3~14年, 平均(6.13 $\pm$ 1.07)年; 临床仅表现为头疼、头晕等主观症状者57例, 合并躯体功能障碍者38例, 合并脑神经功能障碍者25例。所有患者均行双能CT能谱成像增强定量参数检查。

1.2 方法 所有患者均接受双能CT能谱成像增强定量参数检查。检查前3d禁止摄入富含重金属的药物, 同时由护理人员指导患者进行屏气训练, 检查当日禁食。使用来自GE公司的单源双能CT(GE Revolution)行动态增强扫描。患者取仰卧位, 扫描范围自主动脉弓下至大脑动脉环, 扫描方向自足底至头侧, 扫描参数为: 管电压80/140kV, 管电流375mAs, 探测器宽度为80mm, 螺距0.992, 层厚/层间隔均为5mm, 球管转速0.6s/rot。平扫

【第一作者】 闫娅男, 女, 初级技师, 主要研究方向: 医学影像技术。E-mail: jsyyn210410@163.com

【通讯作者】 李依明, 男, 硕士。E-mail: liyiming906@163.com

后使用CT专用双通高压注射器经静脉注射对比剂碘海醇注射液[上海旭东海普药业有限公司, 国药准字HH20084037, 规格: 100mL: 30g(I)]65mL, 注射流速为4~5.0mL/s, 注射对比剂30s后行动脉期扫描, 扫描完成后60s行静脉期扫描, 静脉期扫描完成后120s行平衡期扫描。扫描完成后将土场传送至工作站, 进行多平面重建、最大密度投影等处理。由2名具有10年以上工作经验的审片医师进行审片并使用能谱成像分析软件对斑块进行分析, 以斑块CT值作为区分标准。所有患者于CT检查后7d内接受手术治疗, 术后将取出斑块送至病理科。

1.3 观察指标 (1)诊断效能: 比较双能CT能谱成像增强定量参数检查的灵敏度、特异度与准确度; (2)评估双能CT能谱成像增强定量参数检查与病理检查结果的一致性; (3)记录双能CT能谱成像增强定量参数检查颈动脉粥样硬化斑块的斑块类型; (4)比较不同类型斑块的CT成像特征, 主要特征包括溃疡、管壁增厚、颅内血管病变等; (5)能谱曲线参数: 比较不同类型斑块的有效原子序数及能谱曲线斜率。

1.4 统计学方法 采用SPSS 17.0统计学软件对数据进行分析, 计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示, 采用t检验; 计数资料以[n(%)]表示, 采用 χ^2 检验, 一致性分析采用Kappa一致性检验, $Kappa \geq 0.74$ 提示一致性较好, $0.40 \leq Kappa < 0.74$ 提示一致性一般, $Kappa < 0.40$ 提示一致性差。以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 双能CT能谱成像增强定量参数检查的诊断效能及与病理检查结果的一致性分析 120例颈动脉粥样硬化患者经病理检查检出斑块108例; 双能CT能谱成像增强定量参数检查检出斑块105例, 检出率为87.50%, 灵敏度为96.30%、特异度为91.67%、准确度为95.83%; 通过Kappa检验, 双能CT能谱成像增强定量参数检查的诊断效能与病理检查结果具有一致性($Kappa = 0.792$, $P < 0.05$), 见表1。

表1 双能CT能谱成像增强定量参数检查的诊断效能

检查方法	手术病理结果		
	阳性	阴性	合计
双能CT能谱成像增强定量参数检查	阳性	104	1
	阴性	4	11
合计	108	12	120

2.2 双能CT能谱成像增强定量参数颈动脉检查颈动脉粥样硬化斑块类型分析 双能CT能谱成像增强定量参数检查颈动脉粥样硬化共105例, 检测斑块共290处, 其中不稳定性斑块170处, 占58.62%, 稳定性斑块120处, 占41.38%; 其中不稳定性斑块中脂质斑块92处, 占31.72%, 混合斑块78处, 占26.90%, 稳定性斑块中纤维斑块67处, 占23.10%, 钙化斑块53处, 占18.28%。

2.3 颈动脉粥样硬化斑块不同类型CT成像特征比较 脂质斑块、混合斑块、纤维斑块及钙化斑块的CT成像特征差异比较具有统计学意义($P < 0.05$), 见表2。

表2 颈动脉粥样硬化斑块类型CT成像特征比较[n(%)]

类型	n	溃疡	管壁增厚	颅内血管病变
脂质斑块	92	26(28.89)	45(48.91)	21(22.83)
混合斑块	78	9(11.54)	40(51.28)	29(37.18)
纤维斑块	67	22(32.84)	20(29.85)	25(37.31)
钙化斑块	53	11(20.75)	18(33.96)	24(45.28)
χ^2		10.854	9.983	8.132
P		0.013	0.019	0.043

2.4 颈动脉粥样硬化斑块不同类型能谱曲线参数参数比较 脂质斑块、混合斑块、纤维斑块及钙化斑块的曲线斜率、有效原子序数比较差异均具有统计学意义($P < 0.05$), 见表3。

3 讨论

颈动脉粥样硬化斑块往往从脂纹开始, 逐渐形成斑块, 是一个动态的病理过程, 好发于颈总动脉分叉处, 分析原因在于斑块形成与血流动力学密切相关。颈总动脉分叉处的解剖结构造成较小的壁面剪切应

表3 颈动脉粥样硬化斑块不同类型能谱曲线参数参数比较

类型	n	曲线斜率(%)	有效原子序数
脂质斑块	92	0.39 $\pm$ 0.08	3.17 $\pm$ 0.74
混合斑块	78	-3.31 $\pm$ 0.62	2.68 $\pm$ 0.48
纤维斑块	67	1.96 $\pm$ 0.48	7.52 $\pm$ 1.05
钙化斑块	53	3.84 $\pm$ 0.23	10.24 $\pm$ 0.95
F		281.245	84.701
P		<0.001	<0.001

力, 有利于斑块形成^[8]。临床依据斑块成分不同将斑块分为两大类, 包括稳定性与不稳定性斑块, 其中斑块类富含钙化成分为钙化斑块, 含有纤维基质成分为纤维斑块, 这两种斑块均为稳定性斑块; 斑块中含有脂质成分则为脂质斑块, 板内富含两种以上成分则为混合斑块, 这两种斑块即为不稳定性斑块^[9]。研究证实, 颈动脉粥样硬化稳定性与缺血性脑卒中密切相关, 易损斑块脱落是导致血管堵塞是引起缺血性脑卒中主要机制^[10]。因此如何早期识别易损斑块具有重要临床意义。

近年来, 随着双能CT的出现, 其配备的能谱技术使其在血管疾病诊断方面受到越来越多的重视。本研究以病理检查结果为“金标准”, 显示双能CT能谱成像增强定量参数检查检出斑块105例, 且与病理检查结果具有一致性, 表明双能CT能谱成像增强定量参数检查可用于筛查颈动脉粥样硬化斑块。双能CT借助物质分离技术获取碘水图像, 进行增强扫描后获得的碘水图可以通过分析碘含量对病变组织进行分析, 从而了解斑块微循环状态。Kaltenbach等^[11]研究指出, 基于碘水图得到的组织碘含量可作为肿瘤组织、血管病变标记物。本研究通过对不同斑块类型CT成像特征进行分析, 显示脂质斑块、混合斑块、纤维斑块及钙化斑块的CT成像特征差异比较具有统计学意义。表明双能CT能谱成像增强定量参数检查可反应不同斑块的血管病变情况。混合斑块、脂质斑块的血管病变以管壁增厚为典型, 纤维斑块、钙化斑块以颅内血管病变为典型, 与杨贵宝等^[12]研究结果类似。双能CT可通过单源瞬时切换管电压技术, 能够在短时间内完成高低能量的切换, 得到物质对图像及单能量图像, 同时获得相应能谱曲线参数。双能CT依赖其特有的物质CT衰减曲线, 能精准鉴别斑块成分。Zhao等^[13]研究表明, 成分越相似的物质其能谱曲线也具有相似性。脂质斑块成分与皮下脂肪组织成分相似, 纤维斑块成分则与肌肉组织相似, 钙化斑块与骨组织成分相似, 本研究通过与同层肌肉、脂肪、骨骼对斑块成分的能谱曲线分析, 显示四种斑块类型能谱曲线参数由高至低依次为钙化斑块>纤维斑块>脂质斑块>混合斑块, 说明双能CT能谱成像增强定量参数检查可精准评估斑块成分。

综上所述, 双能CT能谱成像增强定量参数可精准筛查颈动脉粥样硬化斑块, 准确评估斑块性质, 在判断颈动脉粥样硬化斑块类型及稳定性方面具有应用价值。

参考文献

- [1] 白连杰, 刘慧临. 超声造影成像评价患者颈动脉斑块性质的临床价值[J]. 中国医疗设备, 2016, 31(8): 65-67.
- [2] 刘先进, 毕俊英, 曹艳妮, 等. 能谱CT成像对颈动脉粥样硬化斑块性质评估及其与脑卒中发生率的关系[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(1): 44-46.
- [3] 袁立颖, 王荔. 宝石CT能谱成像对颈动脉粥样硬化斑块的研究[J]. 中风与神经疾病杂志, 2017, 34(10): 937-938.
- [4] Liu Y, Hua Y, Feng W, et al. Multimodality ultrasound imaging in stroke: Current concepts and future focus[J]. Expert Rev Cardiovasc Ther, 2016, 14(12): 1325-1333.
- [5] 王学东, 刘爱连, 田士峰, 等. 双能CT能谱成像增强定量参数预测胃癌增殖抗原Ki-67表达的价值[J]. 中国医学影像学杂志, 2021, 29(9): 885-891.
- [6] Fan S, Li X, Zheng L, et al. Correlations between the iodine concentrations from dual energy computed tomography and molecular markers Ki-67 and HIF-1 α in rectal cancer: A preliminary study[J]. Eur J Radiol, 2017, 96(11): 109-114.
- [7] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 颈动脉狭窄诊治指南[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2017, 9(3): 169-175.
- [8] 张云霞, 刘宏雄. 超声造影在颈动脉粥样硬化斑块诊断中应用分析[J]. 陕西医学杂志, 2016, 45(11): 1488-1489.
- [9] 刘先进, 曹艳妮, 徐佳, 等. 能谱CT判断颈动脉粥样硬化斑块成分及稳定性的临床价值[J]. 现代仪器与医疗, 2019, 25(4): 6-10, 24.
- [10] 彭春丽, 梁东辉, 黄曾艳, 等. 冠心病患者血清整合素超敏C反应蛋白对动脉粥样硬化斑块性质的初步评价[J]. 广东医学, 2018, 39(1): 143-147.
- [11] Kaltenbach B, Wichmann J L, Pfeifer S, et al. Iodine quantification to distinguish hepatic neuroendocrine tumor metastasis from hepatocellular carcinoma at dual-source dual-energy liver CT-ScienceDirect[J]. Eur J Radiol, 2018, 105(8): 20-24.
- [12] 杨贵宝, 郑芳芳, 袁俊强, 等. 冠脉CT血管成像对急性冠脉综合征患者斑块性质的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16(11): 75-78.
- [13] Zhao Y, Wu Y, Zuo Z, et al. CT angiography of the kidney using routine CT and the latest gemstone spectral imaging combination of different noise indexes: Image quality and radiation dose[J]. Radiol Med, 2017, 122(5): 327-336.

(收稿日期: 2022-02-19)

(校对编辑: 阮 靖)