

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2018.04.014
View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2018.04.014>

宝石能谱 CT 成像结合血清标志物在冠状动脉粥样硬化斑块特征分析中的应用

田小荀

(河南省中医药研究院附属医院影像科, 郑州 450000)

[摘要] 目的: 研究宝石能谱CT成像(gemstone spectral imaging, GSI)结合血清标志物在冠状动脉粥样硬化斑块(coronary atherosclerotic plaque, CAP)特征分析中的应用价值。方法: 对河南省中医药研究院附属医院收治的118例冠心病患者均行GSI扫描, 将58例无斑块者纳为对照组, 60例有斑块者根据斑块分类分为A(11例纤维斑块)、B(13例脂质斑块)、C(钙化斑块)、D(混合斑块)4组, 比较其血清标志物浓度和能谱数据, 并对两者间关系进行相关性分析。结果: 60例斑块患者中, 共检出146个斑块, 其中纤维斑块27个, 脂质斑块32个, 钙化斑块22个, 混合斑块65个。斑块组血清MMP-9、活化的血管平滑肌细胞高表达致炎因子高迁移率族蛋白1(high mobility group protein 1, HMGB1)和高敏C反应蛋白(high sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)浓度均显著高于对照组($P<0.05$); 除A、D两组间血清标志物浓度无显著差异外($P>0.05$), 其余各组间血清标志物浓度均存在显著差异($P<0.05$)。斑块组4组间能谱数据均存在显著差异($P<0.05$), B, A, D, C组CT值、能谱曲线(spectral curve, SAC)斜率、有效原子序数(effective atomic number, EAN)和水-羟基磷灰石(water-hydroxyapatite, HAP)呈上升趋势($P<0.05$), 而水-脂(water-fat, FAT)浓度呈下降趋势($P<0.05$); 血清标志物浓度与CT值、SAC斜率、EAN和HAP均呈负相关($P<0.05$), 与FAT浓度呈正相关($P<0.05$)。结论: GSI可准确分析CAP斑块性质, 结合血清标志物可准确判定斑块特征, 临床应用价值较高。

[关键词] 宝石能谱CT成像; 血清标志物; 冠状动脉粥样硬化斑块; 特征

Application of gemstone spectral imaging combined with serum markers in the analysis of coronary atherosclerotic plaques features

TIAN Xiaoxun

(Department of Radiology, Affiliated Hospital of Henan Academy of Chinese Medical Sciences, Zhengzhou 450000, China)

Abstract **Objective:** To study the application values of gemstone spectrum CT imaging (GSI) combined with serum markers in the analysis of coronary atherosclerotic plaques (CAP) features. **Methods:** A total of 118 cases of

收稿日期 (Date of reception): 2017-12-27

通信作者 (Corresponding author): 田小荀, Email: 13523451601@163.com

patients with coronary heart disease admitted to our hospital were given the GSI scanning, including the 58 cases of patients without plaque were included in the control group and 60 cases with plaque were divided into the A ($n=11$, with fibro-plaques), B ($n=13$, with lipid plaque), C (calcified plaque) and D (mixed plaque) the four groups. The serum markers concentrations and energy spectrum data were compared, and the relationship between the two was given the correlation analysis. **Results:** A total of 146 plaques were detected in 60 plaques patients, of which 27 were fibrous, 32 were lipid, 22 were calcified and 65 were mixed plaques. The concentrations of serum MMP-9 and high expression of proinflammatory cytokine high mobility group box protein 1 (HMGB1) in activated vascular smooth muscle cells, and the high-sensitivity C-reactive protein (hs-CRP) in the plaque group were significantly higher than those in the control group ($P<0.05$). There was no significant difference in the serum markers concentrations between A and D groups ($P>0.05$), and there were significant differences in the serum markers concentrations among the other groups ($P<0.05$). There were significant differences in the spectrum data among the four groups ($P<0.05$), and the CT value, spectral curve (SAC) slope, effective atomic number (EAN) and water-hydroxyapatite (HAP) in B, A, D, C groups showed an upward trend ($P<0.05$) while the concentration of Water-fat (FAT) showed a downward trend ($P<0.05$). The concentrations of serum markers were negatively correlated with CT value, SAC slope, EAN and HAP ($P<0.05$), and positively correlated with FAT concentration ($P<0.05$). **Conclusion:** GSI can accurately analyze the nature of CAP plaques, and the combined with serum markers can accurately determine the features of the plaque and can have the high clinical application values.

Keywords gemstone spectral imaging; serum markers; coronary atherosclerotic plaques; features

冠状动脉粥样硬化斑块(coronary atherosclerotic plaque, CAP)是冠心病患者发生心血管事件的高危因素, CAP脱落或破裂堵塞血管, 可引起心肌缺血不足, 导致急性冠脉综合征或急性心肌梗死^[1]。宝石能谱CT成像(gemstone spectral imaging, GSI)可区分CAP斑块中脂类、血栓等物质, 不仅能识别斑块, 还能对斑块进行定位、定性、定量分析^[2]。有研究^[3]指出: 炎症因子与CAP的发生、发展息息相关, MMP-9水平与冠心病严重程度呈正相关。本研究对冠心病患者GSI数据和血清标志物进行分析, 旨在探讨GSI结合血清标志物在评估CAP斑块特征中的临床价值。

1 对象与方法

1.1 对象

选取河南省中医药研究院附属医院2015年4月至2017年4月收治的118例冠心病患者为研究对象。纳入标准: 1)符合WHO冠心病诊断标准^[4]; 2)存在心电图异常及胸闷或胸痛; 3)未接受过心脏外科手术; 4)年龄40~70岁; 5)对本研究知情同意。排除标准: 1)严重左室功能不全或心律失常者; 2)严重肝、肾功能不全者; 3)合并血管疾病或恶性肿瘤者; 4)凝血功能障碍者; 5)免疫系统异常者;

6)有GSI检查禁忌证者。118例患者中, 男66例, 女52例, 年龄(55.73 ± 6.49)岁。本研究经河南省中医药研究院附属医院伦理委员会审核批准, 患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 GSI 检查方法

采用64排宝石螺旋CT(美国GE公司), 检查时患者心率尽量低于 65 min^{-1} , 指导患者进行呼吸训练, 检查时均取仰卧位, 扫描前5 min给予硝酸甘油片(舌下含服, 25 mg), 由气管隆突下1 cm扫描至膈下1~2 cm, 扫描参数: 管电流100~650 mAs, 管电压120 kVp, 球管转速0.35 s/r; 扫描层厚0.625 mm, 准直器宽度为40 mm。先进行胸部正侧位定位相, 行平扫, 注入造影剂(碘帕醇)10 mL+生理盐水30 mL后计算循环时间, 根据患者体重注入适量造影剂(速率5 mL/s)后行增强扫描。扫描后, 使用GSI能谱分析软件分析扫描图像, 在能谱工作站进行冠脉主要分支的容积再现、曲面重组和多平面重组, 并采用基物质分离技术[水-羟基磷灰石(water-hydroxyapatite, HAP)、水-脂(water-fat, FAT)]、能谱曲线(spectral curve, SAC)斜率、有效原子序数(effective atomic number, EAN)进行斑块成分分析; 将感兴趣区(region of interest,

ROI)放置在斑块各个层面的不同位置,使其面积覆盖斑块的80%,计算平均CT值。

1.2.2 斑块诊断标准与分组

冠状动脉血管存在表面不光滑、突入官腔的回声结构或动脉主干中膜厚度超过1.3 mm即判定为存在CAP^[5]。118例冠心病患者中,将58例无斑块患者纳为对照组;另60例斑块分类为A, B, C, D 4个亚组,将11例纤维斑块(CT值61~119 HU)患者纳为A组,13例脂质斑块(CT值≤60 HU)患者纳为B组,9例钙化斑块(CT值≥120 HU)患者纳为C组,27例混合斑块(点状钙化混合斑块和非点状钙化混合斑块)纳为D组。

1.3 观察指标

1)斑块检出情况:回旋支、左主干、左前降支和右冠状动脉4支血管上的斑块数为总斑块数。
2)血清标志物:在所有患者接受GSI检查前,先采集4 mL外周静脉血,离心后取上清液备用,采用ELISA法测定4组血清MMP-9,活化的血管平滑肌细胞高表达致炎因子高迁移率族蛋白1(high

mobility group protein 1, HMGB1)和高敏反应蛋白(high-sensitivity C-reactive protein, hs-CRP)水平。

3)能谱数据:测定4组的能谱数据,包括CT值,SAC斜率,EAN,HAP,FAT。4)相关性分析:采用Spearman等级相关系数,分析血清标志物与能谱数据间的相关性。

1.4 统计学处理

采用SPSS 19.0统计软件进行数据分析,计量数据以平均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间两两比较采用独立样本t检验,多组间比较采用单因素方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 斑块检出情况

在60例斑块患者中共检出146个斑块,其中纤维斑块27个,脂质斑块32个,钙化斑块22个,混合斑块65个(图1)。

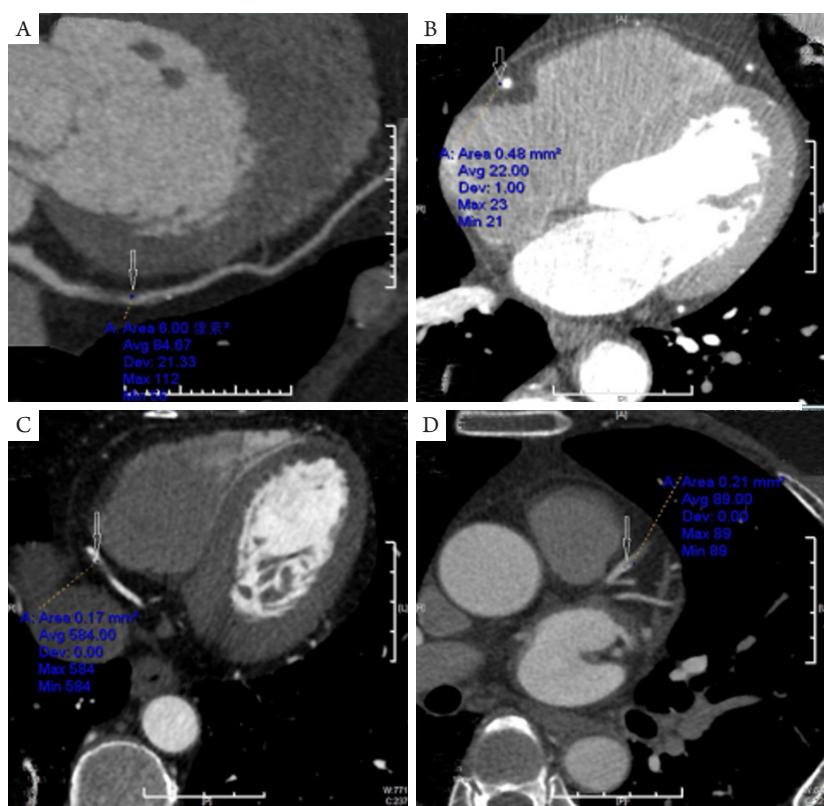


图1 斑块GSI图像

Figure 1 Plaque GSI images

(A)纤维斑块, (B)脂质斑块, (C)钙化斑块, (D)混合斑块。

(A) Fibrous plaque; (B) Lipid plaque; (C) Calcified plaque; (D) Mixed plaque.

2.2 5 组血清标志物浓度比较

斑块组(A, B, C, D组)血清标志物(MMP-9, HMGB-1, hs-CRP)浓度均显著高于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$); C组血清标志物浓度最低, 其次为A, D组, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$), A, D两组间血清标志物浓度无显著差异($P>0.05$), B组血清标志物浓度最高, 差异有统计学意义($P<0.05$, 表1)。

2.3 斑块组 4 组能谱数据比较

斑块组4组间CT值, SAC斜率, EAN, FAT

和HAP均存在显著差异($P<0.05$), B, A, D, C组CT值, SAC斜率, EAN和HAP呈上升趋势, 而FAT浓度呈下降趋势, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$, 表2)。

2.4 斑块能谱数据与血清标志物间的相关性分析

血清标志物(MMP-9, HMGB1, hs-CRP)浓度与CT值, SAC斜率, EAN和HAP均呈负相关, 与FAT浓度呈正相关, 差异有统计学意义(均 $P<0.05$, 表3)。

表1 5组血清标志物浓度比较

Table 1 Comparison of serum marker concentration among the 5 groups

组别	<i>n</i>	MMP-9/($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	HMGB-1/($\text{ng}\cdot\text{L}^{-1}$)	hs-CRP/($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)
斑块组				
A	11	$168.35 \pm 46.12^{*\#&}$	$2.03 \pm 0.61^{*\#&}$	$4.35 \pm 0.69^{*\#&}$
B	13	$319.47 \pm 103.49^{*\#&+}$	$2.84 \pm 0.92^{*\#&+}$	$5.36 \pm 0.74^{*\#&+}$
C	9	$88.63 \pm 22.54^{*\#&+}$	$1.42 \pm 0.37^{*\#&+}$	$3.44 \pm 0.55^{*\#&+}$
D	27	$166.28 \pm 45.42^*$	$1.95 \pm 0.58^*$	$4.26 \pm 0.66^*$
对照组	60	53.72 ± 15.91	0.63 ± 0.20	1.39 ± 0.42
<i>F</i>		112.855	82.475	2.35.894
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001

与对照组相比, * $P<0.05$; 与B组相比, $^*P<0.05$; 与C组相比, $^{*\#}P<0.05$; 与D组相比, $^{*\#&+}P<0.05$ 。

Compared with the control group, * $P<0.05$; compared with Group B, $^*P<0.05$; compared with Group C, $^{*\#}P<0.05$; compared with Group D, $^{*\#&+}P<0.05$.

表2 斑块组4组能谱数据比较

Table 2 Comparison of energy spectrum data among the 4 plaque groups

组别	<i>n</i>	CT值/HU	SAC斜率	EAN	FAT/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)	HAP/($\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)
A组	11	$72.90 \pm 23.14^{*\#&+}$	$4.06 \pm 1.25^{*\#&+}$	$9.26 \pm 0.55^{*\#&+}$	$891.45 \pm 12.69^{*\#&+}$	$124.53 \pm 21.52^{*\#&+}$
B组	13	$38.71 \pm 11.92^{*\#&+}$	$2.71 \pm 0.88^{*\#&+}$	$8.68 \pm 0.53^{*\#&+}$	$912.36 \pm 13.74^{*\#&+}$	$91.65 \pm 20.55^{*\#&+}$
C组	9	$732.18 \pm 224.06^+$	$25.47 \pm 8.36^+$	$13.29 \pm 0.64^+$	$742.58 \pm 11.72^+$	$628.15 \pm 109.38^+$
D组	27	359.46 ± 86.49	12.86 ± 4.27	10.95 ± 0.58	858.21 ± 12.03	256.28 ± 45.63
<i>F</i>		99.919	59.997	137.321	364.452	209.064
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与B组相比, $^*P<0.05$; 与C组相比, $^{*\#}P<0.05$; 与D组相比, $^{*\#&+}P<0.05$ 。

Compared with Group B, $^*P<0.05$; compared with Group C, $^{*\#}P<0.05$; compared with Group D, $^{*\#&+}P<0.05$.

表3 斑块能谱数据与血清标志物间的相关性**Table 3 Correlation of on between plaque energy spectrum data and serum markers**

指标	r		
	MMP-9	HMGB-1	hs-CRP
CT值	-0.493	-0.441	-0.462
SAC斜率	-0.369	-0.325	-0.348
EAN	-0.365	-0.344	-0.359
FAT	0.336	0.318	0.327
HAP	-0.407	-0.386	-0.391

All P<0.05.

3 讨论

冠心病病情的严重性与CAP性质密切相关，患者预后主要取决于斑块的稳定性，钙化斑块极少发生破裂、脱落，较为稳定，而脂质斑块和纤维斑块较不稳定，易发生破裂或脱落，导致急性冠脉综合征或急性心肌梗死^[6]。炎症反应是促进不稳定斑块形成和破裂的主要因素，也是加重冠心病病情的主要原因，因此，炎症因子水平是间接反映斑块稳定性的重要指标^[7]。GSI是一种以宝石作为探测器材料并结合多排螺旋CT和能谱技术的新型检测手段，具有良好的空间分辨率、辐射剂量小、快速采集图像、对钙敏感等优点^[8]。在诊断CAP时，可直观显示血管图像、单能量图像及物质分离图像，对病变血管、斑块和血栓进行重建，可进行多角度、多空间的观察，提高对斑块性质的判断^[9]。GSI的单能量图像和重建技术能有效降低图像噪声，提高图像分辨率，准确反映斑块状况，基物质分离技术可反映FAT和HAP的密度图像，为斑块性质特征提供定量描述资料^[10]。另外，GSI特有的能谱曲线可正确反映斑块中的脂质和钙化成分，脂质斑块呈弓背上抬型能谱曲线，钙化斑块呈弓背下降型能谱曲线，通过能谱曲线可判断斑块的稳定性^[11]。本研究对河南省中医药研究院附属医院收治的118例冠心病患者行GSI扫描，分析其能谱数据和血清标志物，发现GSI可准确反映CAP特征。

MMP-9是由单核巨噬细胞、血管内皮细胞、中性粒细胞等多种细胞合成和分泌的一种无活性酶，在V型明胶原、纤溶酶等物质的作用下水解而活化，而V型明胶原是斑块纤维冒和基底膜重要的组成部分。MMP可促进中膜平滑肌细胞迁移至内膜，加速不稳定斑块的形成和破裂，本研究

结果也显示：不稳定斑块患者MMP-9水平明显高于稳定斑块患者^[12]。HMGB1是一种参与核小体形成和基因转录调控的保守性、广泛性核DNA结合蛋白，参与炎症反应和细胞活化，可诱导炎症因子高表达，触发炎症级联反应，加重冠心病患者病情^[13]。hs-CRP是高敏致炎因子，是反映斑块不稳定性和预测心血管不良事件的重要指标，可与斑块中的脂蛋白结合，通过激活补体系统形成的大型终端攻击复合物可促使血管内膜损伤和斑块破裂^[14]。本研究结果显示：C组血清MMP-9，HMGB1和hs-CRP浓度最低，其次为A，D组，B组浓度最高，说明脂质斑块最不稳定，而钙化斑块较为稳定。这与樊泽新等^[15]研究结果相似。

本研究结果显示：GSI能谱数据与血清标志物间存在相关性，血清标志物(MMP-9，HMGB1，hs-CRP)浓度与斑块CT值、SAC斜率、EAN和HAP均呈负相关，与FAT浓度呈正相关，有斑块患者4组间CT值，SAC斜率，EAN，FAT和HAP均存在显著差异，进一步提示GSI对不同类型斑块的鉴别具有重要价值，并与血清标志物间具有相关性，GSI结合血清标志物可准确反映斑块的稳定性^[16]。

综上所述，GSI可准确鉴别CAP斑块性质，结合血清标志物可准确判定斑块稳定性，值得临床推广使用。本研究仅揭示的是河南省中医药研究院附属医院接诊的冠心病患者的研究结果，对于CAP的特征分析、冠心病诊断及预后评估具有一定的价值，对于稳定性斑块和不稳定斑块的GSI能谱数据分界值仍需进一步探讨。

参考文献

- 陈申杰, 朱敏, 李波. 动态动脉硬化指数与冠状动脉粥样硬化程度的相关性研究[J]. 中国基层医药, 2015, 22(9): 1315-1317.
CHEN Shenjie, ZHU Min, LI Bo. Relationship between ambulatory arterial stiffness index and extent of coronary atherosclerosis[J]. Chinese Journal of Primary Medicine and Pharmacy, 2015, 22(9): 1315-1317.
- 焦志灵, 王连渠, 闫拥军, 等. 宝石能谱CT在肾脏损伤诊疗中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2016, 14(7): 74-76.
JIAO Zhiling, WANG Lianqu, YAN Yongjun, et al. Application of gemstone spectral CT in diagnosis and treatment of renal injury[J]. Chinese Journal of CT and MRI, 2016, 14(7): 74-76.
- 陈西洲. 血清炎症因子在冠心病斑块易损程度的预测价值[J]. 中国临床医生杂志, 2015, 43(9): 41-43.

- CHEN Xizhou. Predictive values of serum inflammatory factors in the vulnerability of coronary heart disease plaques[J]. Journal of Chinese Physician, 2015, 43(9): 41-43.
4. 周莉, 傅倩晰, 汪龙, 等. 全基因组关联研究鉴定的血脂相关基因与冠心病的易感性研究[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(11): 1719-1722.
- ZHOU Li, FU Qianxi, WANG Long, et al. Study of genome-wide association study identified lipid-associated genes and susceptibility to coronary heart disease[J]. The Journal of Practical Medicine, 2014, 30(11): 1719-1722.
5. Schroeder S, Kuettner A, Leitritz M, et al. Reliability of differentiating human coronary plaque morphology using contrast-enhanced multislice spiral computed tomography: a comparison with histology[J]. J Comput Assist Tomogr, 2004, 28(4): 449-454.
6. 刘纪君, 梅传忠, 李兴武. 冠心病新危险因素在预测冠状动脉病变严重程度中的价值研究进展[J]. 蚌埠医学院学报, 2016, 41(4): 558-560.
- LIU Jijun, MEI Chuanzhong, LI Xingwu. Study progress of values of new risk factors in predicting the severity of coronary artery disease[J]. Journal of Bengbu Medical College, 2016, 41(4): 558-560.
7. 王鹏, 刘星, 赵延旭. 血清脂联素和基质金属蛋白酶-9联合检测对冠心病的诊断价值[J]. 医学临床研究, 2015, 32(5): 1018-1021.
- WANG Peng, LIU Xing, ZHAO Yanshu. Diagnostic values of serum adiponectin combined with matrix metalloproteinase-9 in coronary heart disease[J]. Journal of Clinical Research, 2015, 32(5): 1018-1021.
8. 李昊翔, 朱凯, 孙重阳, 等. 宝石能谱CT在减少金属伪影方面的应用进展[J]. 中国医药导报, 2015, 12(11): 42-45.
- LI Haoxiang, ZHU Kai, SUN Chongyang, et al. Application of gemstones spectral CT in reducing metal artifacts[J]. China Medical Herald, 2015, 12(11): 42-45.
9. 吴晶涛, 朱庆强, 朱文荣, 等. 能谱CT重建模式与64层CT重建模式对于颈动脉粥样硬化斑块评估能力的对比分析[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49(1): 29-32.
- WU Jingtao, ZHU Qingqiang, ZHU Wenrong, et al. Comparison of spectral CT imaging and 64 slice CT in assessment of carotid artery atherosclerotic plaque[J]. Chinese Journal of Radiology, 2015, 49(1): 29-32.
10. 宋娟, 王成伟. 冠状动脉宝石能谱CT最佳单能量成像的应用研究[J]. 中国现代医学杂志, 2015, 25(21): 83-87.
- SONG Juan, WANG Chengwei. Determination of optimal monochromatic energy level of coronary computed tomography angiography under blending with adaptive statistical iterative reconstruction[J]. China Journal of Modern Medicine, 2015, 25(21): 83-87.
11. 陈真婧, 沈伟强, 朱华勇, 等. 能谱CT成像对颈动脉粥样硬化斑块成分的分析[J]. 中华全科医学, 2016, 14(3): 449-451.
- CHEN Zhenjing, SHEN Weiqiang, ZHU Huayong, et al. Analysis of components of carotid atherosclerotic plaques with gemstone spectral CT[J]. Chinese Journal of General Practice, 2016, 14(3): 449-451.
12. 刘弢, 李阳, 樊泽元, 等. 冠心病患者血清MMP-8和MMP-9水平与冠脉易损斑块关系的研究[J]. 心血管康复医学杂志, 2016, 25(5): 483-487.
- LIU Tao, LI Yang, FAN Zeyuan, et al. Relationship among serum MMP-8, MMP-9 levels and coronary vulnerable plaques in patients with coronary heart disease[J]. Chinese Journal of Cardiovascular Rehabilitation Medicine, 2016, 25(5): 483-487.
13. 金鹏, 周琪, 康美丽, 等. 高迁移率族蛋白B1与冠心病病变程度和斑块易损性相关性[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2017, 31(6): 574-576.
- JIN Peng, ZHOU Qi, KANG Meili, et al. Correlation of high-mobility group box 1 protein with severity of coronary artery lesion and plaque vulnerability in patients with coronary heart disease[J]. Journal of Chinese Practical Diagnosis and Therapy, 2017, 31(6): 574-576.
14. 周晓斌. 冠心病患者血浆BNP及hs-CRP水平变化与冠状动脉病变程度的关系研究[J]. 河北医学, 2015, 21(7): 1070-1073.
- ZHOU Xiaobin. Relationship between plasma brain natriuretic peptide and high-sensitivity CRP in patients with CHD[J]. Hebei Medicine, 2015, 21(7): 1070-1073.
15. 樊泽新, 王荔, 王新文, 等. 宝石能谱CT结合血清超敏C反应蛋白、高迁移率族蛋白1对颈动脉粥样硬化斑块成分进行定性及定量分析的初步研究[J]. 中国临床神经科学, 2015, 23(5): 488-496.
- FAN Zexin, WANG Li, WANG Xinwen, et al. Gemstone spectral imaging combined with serum hypersensitive C-reactive protein, high mobility group box-1 protein preliminary study on carotid atherosclerosis plaque[J]. Chinese Journal of Clinical Neurosciences, 2015, 23(5): 488-496.
16. 陈奕男, 秦将均, 覃群, 等. 宝石能谱CT冠脉成像在隐匿型冠心病冠状动脉粥样斑块性质判断中的价值[J]. 现代生物医学进展, 2016, 16(11): 2159-2161.
- CHEN Yi'nan, QIN Jiangjun, QIN Qun, et al. Diagnostic value of 64 slice spiral CT on property of atherosomatous plaque in patients with latent coronary heart disease[J]. Progress in Modern Biomedicine, 2016, 16(11): 2159-2161.

本文引用: 田小荀. 宝石能谱CT成像结合血清标志物在冠状动脉粥样硬化斑块特征分析中的应用[J]. 临床与病理杂志, 2018, 38(4): 766-771. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2018.04.014

Cite this article as: TIAN Xiaoxun. Application of gemstone spectral imaging combined with serum markers in the analysis of coronary atherosclerotic plaques features[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2018, 38(4): 766-771. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2018.04.014