

论 著

CT对血液透析患者血管壁钙化的检出评估效果分析

冯小倩 丁晓晨*

陕西省中医医院影像中心(陕西 西安 710000)

【摘要】目的 探讨计算机断层扫描(Computerized Tomography, CT)对血液透析患者血管钙化的检出评估效果。方法 选择陕西省中医医院2022年5月至2024年5月收治的180例血液透析患者。根据是否发生血管壁钙化分为血管钙化组、非血管钙化组。采集两组患者基线资料,均进行CT检测,并计算主要冠脉分支及总冠脉钙化积分(Coronary Artery Calcification Score, CACS)。记录血管壁钙化发生及具体分支情况;分析血管壁钙化的CT特征;对比两组血液透析患者基线特征及CACS积分;采用线性回归分析血液透析患者发生血管钙化的影响因素;采用Spearman相关性分析CACS积分与血液透析患者生化指标之间相关性。结果 180例血液透析患者中发生血管壁钙化77.22%(139/180),未发生血管壁钙化22.78%(41/180)。其中血管壁钙化主要分支分布情况如下:冠状动脉钙化占比最高67.63%、主动脉钙化46.76%、心脏瓣膜钙化28.78%。其中冠状动脉钙化分布占比由高到低依次为左前降支(64.89%)、左冠脉支(39.36%)、右冠脉支(38.30%)、左回旋支(36.17%)。两组血液透析患者的性别、年龄、BMI、糖尿病、高血脂、CysC、eGFR、Ca、FBG、TG、LDL-C、HDL-C对比无差异($P>0.05$),而血管钙化组高血压发生率、CACS积分均高于非血管钙化组,TC、Scr、SUA、P低于非血管钙化组($P<0.05$)。线性回归分析,高血压、TC、CACS积分、P为血液透析患者发生血管壁钙化的独立影响因素($P<0.05$)。Spearman相关性检验,血液透析患者的CACS积分与Scr、SUA、P、TC均呈负相关。结论 CT应用于血液透析患者血管钙化检测效能显著,与血液透析患者病理特征及血管钙化发生密切相关,可为临床血管钙化诊断提供量化指标。

【关键词】血液透析;血管壁钙化;CT;影响因素;评估

【中图分类号】R543

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.07.027

Analysis of the Detection and Evaluation Effect of CT on Vascular Wall Calcification in Hemodialysis Patients

FENG Xiao-qian, DING Xiao-chen*

Imaging Center, Shaanxi Provincial Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the detection and evaluation effect of computerized tomography (CT) on vascular calcification in hemodialysis patients. **Methods** 180 hemodialysis patients admitted to Shaanxi Provincial Traditional Chinese Medicine Hospital from May 2022 to May 2024 were selected. Divide into vascular calcification group and non vascular calcification group based on whether vascular wall calcification occurs. Collect baseline data from two groups of patients, perform CT scans on both groups, and calculate the main coronary artery branches and total coronary artery calcification score (CACS). Record the occurrence of vascular wall calcification and specific branch conditions; Analyze the CT features of vascular wall calcification; Compare baseline characteristics and CACS scores between two groups of hemodialysis patients; Using linear regression to analyze the influencing factors of vascular calcification in hemodialysis patients; Use Spearman correlation analysis to investigate the correlation between CACS scores and biochemical indicators in hemodialysis patients. **Results** Among 180 hemodialysis patients, 77.22% (139/180) experienced vascular wall calcification, while 22.78% (41/180) did not. The distribution of the main branches of vascular wall calcification is as follows: coronary artery calcification accounts for the highest proportion of 67.63%, aortic calcification accounts for 46.76%, and cardiac valve calcification accounts for 28.78%. The proportion of coronary artery calcification distribution, from high to low, is ranked as left anterior descending branch (64.89%), left coronary artery branch (39.36%), right coronary artery branch (38.30%), and left circumflex branch (36.17%). There was no difference in sex, age, BMI, diabetes, hyperlipidemia, CysC, eGFR, Ca, FBG, TG, LDL-C and HDL-C between the two groups of hemodialysis patients ($P>0.05$). The incidence of hypertension and CACS scores in vascular calcification group were higher than those in non vascular calcification group, while TC, Scr, SUA and P were lower than those in non vascular calcification group ($P<0.05$). Linear regression analysis showed that hypertension, TC, CACS score, and P were independent influencing factors for vascular wall calcification in hemodialysis patients ($P<0.05$). Spearman correlation test showed that the CACS score of hemodialysis patients was negatively correlated with Scr, SUA, P, and TC. **Conclusion** CT application has significant efficacy in detecting vascular calcification in hemodialysis patients, and is closely related to the pathological characteristics and occurrence of vascular calcification in hemodialysis patients. It can provide quantitative indicators for clinical diagnosis of vascular calcification.

Keywords: Hemodialysis; Vascular Wall Calcification; Ct; Influencing Factors; Assess

血液透析是治疗慢性肾脏病的重要手段,可以为慢性肾脏病,尤其是终末期肾病患者延长生存期^[1]。在血液透析治疗期间,心血管疾病不仅是慢性肾病患者重要病理性改变,更是患者的主要死因之一^[2]。而血管钙化为血液透析患者心血管疾病风险升高的标志性病理改变,其早期识别及精准评估至关重要^[3-6]。目前临床对血管钙化诊断主要依赖血清学指标和影像学技术,其中血清学指标诊断对于血管钙化的诊断敏感性和特异性有限,无法直观显示钙化程度和分布位置^[7]。而影像学技术中血管内超声诊断为金标准,可实时显示其冠脉血管管腔等具体情况,但其介入风险较高,使得患者难以承受。而计算机断层扫描(computerized tomography, CT)具有高分辨率、无创性等优势,可通过冠脉钙化积分(coronary artery calcification score, CACS)量化指标,对于冠脉钙化诊断有着重要意义^[8-10]。但目前临床对CT在血液透析患者血管壁钙化中的应用效果研究尚未完全明确。基于此,本研究将对CT在血液透析患者血管壁钙化检出中的评估效果进行分析,旨在为血管钙化早期识别提供可靠评估工具。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择陕西省中医医院2022年5月至2024年5月收治的180例血液透析患者。

纳入标准:(1)符合改善全球肾脏病预后组织(kidney disease: improving global outcomes, KDIGO)中慢性肾脏病的诊断标准^[11];(2)接受血液透析治疗且病情稳定者;(3)年龄18-75岁;(4)签署知情同意书。排除标准:(1)存在心律不齐及其他行胸部CT检查禁忌证者;(2)纽约心脏病学会(New York Heart Association, NYHA)分级 $\geq$ 3级或合并严重心血管疾病;(3)合并甲状旁腺功能亢进及其他影响钙磷代谢疾病者;(4)合并恶性肿瘤、严重器质性病变、免疫学疾病者。

1.2 方法

【第一作者】冯小倩,女,主管技师,主要研究方向:放射医学技术,低剂量与个性化扫描。E-mail: 15198794794@163.com

【通讯作者】丁晓晨,女,主治医师,主要研究方向:CT与MRI诊断,神经系统和心脑血管疾病。E-mail: 284441845@qq.com

1.2.1 分组方法 根据是否发生血管壁钙化分为血管钙化组、非血管钙化组。

1.2.2 采集资料 采集两组患者基线资料，包括性别、年龄、BMI、既往病史、血清肌酐(serum creatinine, Scr)、胱抑素C(cystatin C, CysC)、肾小球滤过率(glomerular filtration rate, eGFR)、血尿酸(serum uric acid, SUA)、钙(calcium, Ca)、磷(phosphorus, P)、空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglycerides, TG)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)等。

1.2.3 CT检测 仪器选择GE 64排多层螺旋CT。检查前叮嘱患者进行屏气训练，并于正常解剖位置连接心电图联片，观察确认无心律不齐时再进行CT扫描。首先行扫描定位像，再进行冠脉钙化积分(coronary artery calcification score, CACS)扫描。扫描范围为气管隆突下1cm起到心脏膈面，包括整个冠状动脉及分支。采集模式选择前瞻性心电门控步进式，最快旋转速度(0.27-0.35s)，采集时间窗为65%-70%的RR 间期。参数设置：管电压/管电流120kVp/80mA，层间距3mm，获取连续断层片30张。CACS计算为钙化面积乘以切片厚度，总CACS为冠脉4个主要分支(左冠脉支、左前降支、左回旋支、右冠脉支)各自病变分值之和^[12]。

1.3 观察指标 记录血管壁钙化发生及具体分支情况；分析血管壁钙化的CT特征；对比两组血液透析患者基线特征及CACS积分；分析血液透析患者发生血管钙化的影响因素；分析CACS积分与血液透析患者生化指标之间相关性。

1.4 统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行统计学分析，符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，组间比较采用独立样本t检验。计数资料采用(n, %)表示，组间比较采用卡方检验， $\alpha=0.05$ 。采用Spearman相关性检验CACS积分与血液透析患者生化指标之间相关性。采用线性回归分析血液透析患者发生血管钙化的影响因素， $P<0.05$ 表示存在统计学意义。

2 结 果

2.1 血管壁钙化发生及具体分支情况 180例血液透析患者中发生血管壁钙化77.22%(139/180)，未发生血管壁钙化22.78%(41/180)。其中血管壁钙化主要分支分布情况如下：冠状动脉钙化占比最高67.63%、主动脉钙化46.76%、心脏瓣膜钙化28.78%。其中冠状动脉钙化分布占比由高到低依次为左前降支(64.89%)、左冠脉支(39.36%)、右冠脉支(38.30%)、左回旋支(36.17%)，见表1。

表1 血管壁钙化主要分支分布

主要分支	例数(n)	占比(%)
冠状动脉钙化 合计	94	67.63
左冠脉支	37	39.36
左前降支	61	64.89
左回旋支	34	36.17
右冠脉支	36	38.30
主动脉钙化	65	46.76
心脏瓣膜钙化	40	28.78

2.2 分析血管壁钙化的CT特征 病例1，患者女，47岁，2007年产后确诊为2型糖尿病，2015年确诊为2型糖尿病肾病、慢性肾衰竭尿毒症期，予以透析治疗，此后规律透析。于2021年8月行胸部CT检查，可见胸主动脉壁及冠状动脉壁多发钙化。于2024年5月随访，行头颅+胸部CT检查，可见头皮下多发血管壁钙化，胸主动脉壁及冠状动脉壁多发钙化较前片加重，发现钙化呈持续进展，见图1-图5。

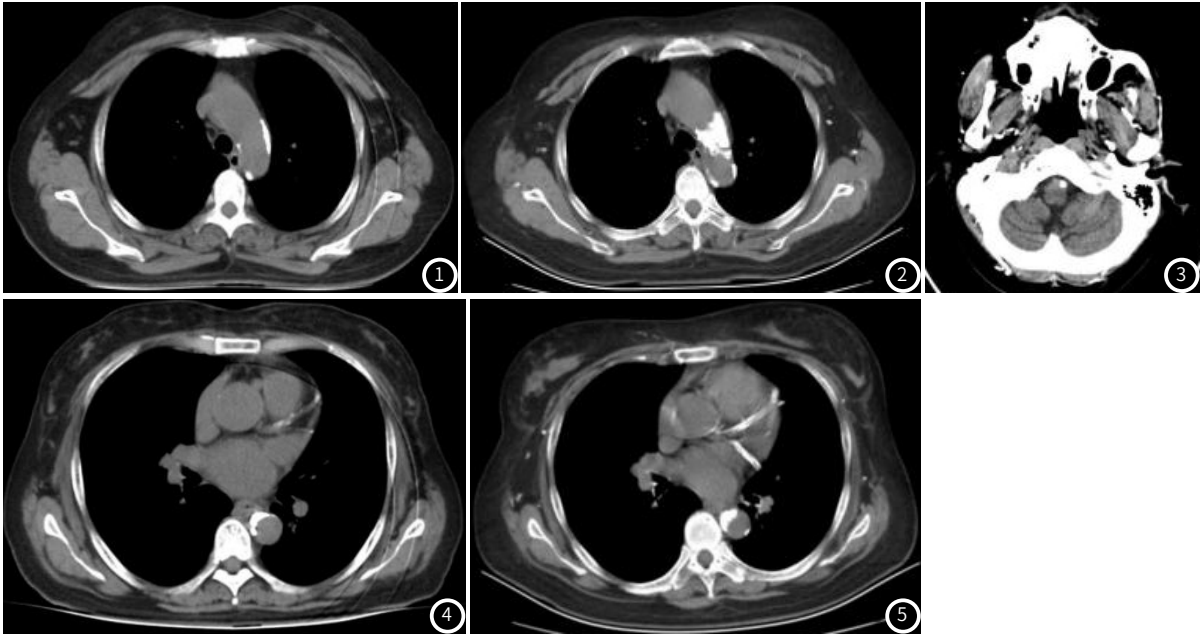


图1 初次胸部CT检查。图2 4年后随访胸部CT检查。图3 4年后随访头颅CT检查。图4 初次冠脉钙化。图5 4年后冠脉钙化。

2.3 对比两组血液透析患者基线特征及CACS积分 两组血液透析患者的性别、年龄、BMI、糖尿病、高血脂、CysC、eGFR、Ca、FBG、TG、LDL-C、HDL-C对比无差异($P>0.05$)，而血管钙化组高血压发生率、CACS积分均高于非血管钙化组，TC、Scr、SUA、P低于非血管钙化组($P<0.05$)，见表2。

2.4 分析血液透析患者发生血管壁钙化的影响因素 线性回归分析，高血压、TC、CACS积分、P为血液透析患者发生血管壁钙化的独立影响因素($P<0.05$)，见表3。

2.5 分析CACS积分与血液透析患者生化指标之间相关性 Spearman相关性检验，血液透析患者的CACS积分与Scr、SUA、P、TC均呈负相关，见表4。

表2 对比两组血液透析患者基线特征及CACS积分

组别	血管钙化组 (n=139)	非血管钙化组 (n=41)	χ^2/t	P
性别			1.235	0.266
男	78(56.12)	27(65.85)		
女	61(43.88)	14(34.15)		
年龄(岁)	53.47±5.68	54.35±6.71	0.835	0.405
BMI(kg/m ²)	25.37±4.13	24.89±6.25	0.576	0.566
高血压	39(28.06)	5(12.20)	4.313	<0.001
糖尿病	37(26.62)	9(21.95)	0.363	0.547
高血脂	32(23.02)	7(17.07)	0.660	0.417
Scr(μmol/L)	643.15±87.29	685.26±79.44	2.768	0.006
CysC(mg/L)	4.35±0.78	4.15±0.89	1.396	0.164
eGFR(ml/min/1.73m ²)	8.67±1.35	9.00±1.24	1.400	0.163
SUA(μmol/L)	404.37±65.58	450.13±57.81	4.028	<0.001
Ca(mol)	2.24±0.71	2.05±0.78	1.472	0.143
P(mmol/L)	2.01±0.43	2.47±0.54	5.663	<0.001
FBG(mmol/L)	7.84±0.32	7.91±0.28	1.265	0.208
TC(mmol/L)	3.86±0.53	4.51±0.67	6.479	<0.001
TG(mmol/L)	1.64±0.39	1.57±0.44	0.980	0.328
LDL-C(mmol/L)	0.83±0.26	0.91±0.28	1.701	0.091
HDL-C(mmol/L)	2.12±0.49	2.05±0.67	1.701	0.463
CACS积分(分)	487.34±95.13	129.45±22.67	23.846	<0.001

3 讨 论

血管钙化为血液透析患者常见的并发症之一，其主要表现为矿物质(如羟基磷灰石)病理性沉积于血管壁^[13]。关怀等^[14]研究报道，慢性肾病大鼠多伴随着血管钙化症状，血液透析治疗可降低大鼠钙离子水平，一定程度上可缓解血管钙化，但无法完全消除血管钙化风险。而血管钙化发生不仅会影响到血管弹性及功能，还会与患者不良预后存在密切关系，易增加心血管事件风险。而及时识别血管钙化对于控制病情及改善预后至关重要。在临床诊断中，血管造影为常用诊断技术，但其诊断存在一定局限，如无法精确定量评估，且具有侵入性等，仍需寻找更加可靠、无创诊断技术^[15]。CT技术具有提供高分辨率的立体三维血管图像，多角度观察血管钙化病变具体情况等优势，逐渐在血管钙化评估中应用日益广泛^[16-19]。CT技术不仅能够直观地展示血管钙化的位置和程度，还能够进行定量分析。该技术可通过计算钙化斑块的体积和密度，获得CACS评分，从而更准确地评估患者的血管钙化程度，其积分数越高，表明冠状动脉钙化越严重，患者未来发生心血管事件的风险也越高。伍强等^[20]研究报道，相较于其他技术，CT血管成像技术对血管钙化检出率更高。

本研究结果显示，血液透析患者中血管壁钙化发生率77.22%(139/180)，冠状动脉钙化占比最高67.63%、主动脉钙化46.76%、心脏瓣膜钙化28.78%。其中冠状动脉钙化主要分支分布情况为(64.89%)、左冠脉支(39.36%)、右冠脉支(38.30%)、左回旋支(36.17%)，提示血管壁钙化发生率较高。蔡琪等^[21]研究报道，尿毒症患者发生血管钙化分支主要为左前降支、冠脉支、左回旋支等，与本研究基本一致。血液透析患者发生血管钙化后CT图像特征通常表现出血管壁内的高密度影，钙化区域较周围组织更高密度，并呈现白色或亮色区域，主要与钙盐沉积在血管壁

表4 分析CACS积分与血液透析患者生化指标之间相关性

指标	CACS积分	
	r	P
Scr	-0.347	<0.001
CysC	0.079	0.241
eGFR	-0.025	0.805
SUA	-0.239	0.014
Ca	0.116	0.250
P	-0.371	<0.001
FBG	-0.074	0.461
TC	-0.254	0.010
TG	0.070	0.486
LDL-C	-0.187	0.061
HDL-C	0.149	0.137

表3 分析血液透析患者发生血管壁钙化的影响因素

指标	B	S.E	Wald χ^2	P	OR(95%CI)
高血压	0.778	0.455	8.543	0.005	2.201 (1.283 ~ 3.125)
TC	-0.567	0.618	7.564	0.007	0.767 (0.154 ~ 0.920)
CACS积分	0.475	0.582	9.70	<0.001	3.754 (1.154 ~ 4.758)
Scr	-0.014	0.073	0.129	0.914	0.301 (0.214 ~ 0.713)
SUA	-0.649	0.418	0.474	0.645	0.471 (0.142 ~ 1.020)
P	-0.965	0.439	7.382	0.012	0.815(0.736-0.896)

中有关。而这种钙化特征主要在冠状动脉等血管出现，且本研病例图像显示，血管钙化是一个进行性过程，患者较之前检查出现钙化程度加重，且这种血管钙化不仅局限于大血管，也可能发生在小血管中，如头皮下的血管。因此需加强血管钙化疾病诊断及定期随访管理。而分析血管钙化的高危因素及CT量化诊断结果至关重要。本研究显示，血管钙化组高血压发生率、CACS积分均高于非血管钙化组，TC、Scr、SUA、P低于非血管钙化组(P<0.05)，提示高血压发生率、CACS积分、TC、Scr、SUA、P指标可能与血管钙化发生密切相关，但其具体相关性仍有待进一步研究。为排除干扰因素，本研究采用线性回归分析，结果显示，高血压、TC、CACS积分、P为血液透析患者发生血管壁钙化的独立影响因素(P<0.05)，提示高血压、CACS积分为血管钙化发生危险因素，而TC、P为血管钙化发生保护因素。考虑因素为，长期高血压状态下将进一步增加血管壁压力，引起炎症反应，继而损伤血管内皮细胞，促进钙盐在血管壁的沉积，增加血管钙化的风险。CACS积分是CT诊断量化评估的体现，可反映冠状动脉钙化的程度，其积分越高对应着CT诊断征象越显著，血管钙化越严重。TC为常用血脂指标，与心血管疾病发生风险密切相关，可通过参与血管壁损伤及修复等机制过程，继而影响血管钙化发生发展过程。P水平升高可能导致钙磷沉积在血管壁，促进血管壁钙化的发生。接着研究对CACS积分与血液透析病理特征之间关系作进一步研究，本研究结果还显示，Spearman相关性检验中，血液透析患者的CACS积分与Scr、SUA、P、TC均呈负相关，提示CACS积分与血液透析患者病理特征之间存在密切关系。陈利明

(下转第106页)