

论 著

Value of CT in Quantitative Evaluation of Cardiovascular Calcification in Maintenance Hemodialysis Patients*

ZHAO De-chong^{1,2}, WANG Jian-gang^{2,*}, LIU Xin-yu².

1. Graduate School of Henan Medical University Xinxiang, Henan 453003, China

2. Department of Hemodialysis, Nanyang Central Hospital, Nanyang 473000, Henan Province, China

基于CT量化评估维持性血液透析患者心血管钙化的价值*

赵德崇^{1,2} 王建刚^{2,*} 刘新宇²

1. 河南医药大学研究生院 (河南新乡 453003)

2. 南阳市中心医院血液净化科

(河南南阳 473000)

【摘要】目的 探讨基于计算机断层扫描(CT)量化评估维持性血液透析(MHD)患者心血管钙化的价值。**方法** 回顾性分析我院2023年8月至2024年8月收治的82例MHD患者的临床资料,包括基础资料[性别、年龄、体质量(BMI)透析龄、吸烟史、饮酒史及钙磷代谢用药情况等]、生化指标(血脂、血压等),对比不同钙化情况患者的心脏瓣膜钙化情况及CT量化指标[冠状动脉钙化积分(CACS)、腹主动脉钙化积分(AACS)],以多因素Logistic回归分析MHD患者心血管钙化的影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析CACS、AACS等指标的诊断价值。**结果** 两组年龄、性别、BMI、透析龄、吸烟史、饮酒史、基础合并症、原发疾病对比差异均无统计学意义($P>0.05$);两组基线白蛋白、基线总胆固醇、基线高密度脂蛋白等指标水平对比差异均无统计学意义($P>0.05$);重度钙化MHD患者时间平均血钙(TA-Ca)、时间平均血磷(TA-P)水平均高于轻中度钙化MHD患者($P<0.05$),两组时间平均25羟维生素D[TA-25(OH)D]水平对比差异无统计学意义($P>0.05$);重度钙化MHD患者CACS、AACS均高于轻中度钙化MHD患者($P<0.05$);多因素Logistic回归分析证实TA-Ca、TA-P、CACS、AACS是MHD患者CAC情况的影响因素($P<0.05$);经ROC曲线分析,TA-Ca、TA-P、CACS、AACS诊断MHD患者CAC程度的曲线下面积分别为0.787、0.786、0.804、0.750。**结论** 基于CT量化评估对MHD患者的心血管钙化程度有一定的诊断价值,同时可结合钙磷代谢指标进行补充诊断,为临床早期评估心血管钙化情况提供依据。**【关键词】** 维持性血液透析; 心血管钙化; 冠状动脉钙化积分**【中图分类号】** R714.252**【文献标识码】** A**【基金项目】** 2024年河南省医学科技攻关计划联合共建和软科学项目(LHGJ20240787)**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2026.02.026**ABSTRACT****Objective** To investigate the value of computed tomography (CT) in quantitative evaluation of cardiovascular calcification in maintenance hemodialysis (MHD) patients. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 82 MHD patients admitted to the hospital from August 2023 to August 2024, including basic data [gender, age, body mass index (BMI), dialysis age, smoking history, drinking history, calcium and phosphorus metabolism, medication, etc.] and biochemical indicators (blood lipids, blood pressure, etc.). The status of cardiac valve calcification and quantitative CT parameters [coronary artery calcification score (CACS) and abdominal aortic calcification score (AACS)] were compared between patients with different calcification status. Multivariate logistic regression analysis was used to identify factors influencing cardiovascular calcification in MHD patients, and the receiver operating characteristic (ROC) curves were used to analyze the diagnostic value of indicators such as CACS and AACS. **Results** There were no statistically significant differences in age, gender, BMI, dialysis age, smoking history, drinking history, underlying comorbidities, and primary diseases between the two groups ($P>0.05$). The levels of indicators such as baseline albumin, baseline total cholesterol and baseline high-density lipoprotein showed no statistically significant differences between the two groups ($P>0.05$). The time-average blood calcium (TA-Ca) and time-average blood phosphorus (TA-P) levels in MHD patients with severe calcification were higher than those in MHD patients with mild-moderate calcification ($P<0.05$). There was no statistically significant difference in time-average 25-hydroxyvitamin D [TA-25(OH)D] level between the two groups ($P>0.05$). CACS and AACS of MHD patients with severe calcification were higher than those of MHD patients with mild-moderate calcification ($P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis confirmed that TA-Ca, TA-P, CACS, and AACS were factors influencing CAC in MHD patients ($P<0.05$). ROC curve analysis showed that the areas under the curve of TA-Ca, TA-P, CACS, and AACS for diagnosing the degree of CAC in MHD patients were 0.787, 0.786, 0.804, and 0.750, respectively. **Conclusion** Quantitative evaluation using CT is helpful for diagnosing the degree of cardiovascular calcification in MHD patients. Moreover, it can be combined with calcium and phosphorus metabolism indicators for diagnosis, providing a basis for early clinical evaluation of cardiovascular calcification.**Keywords:** Maintenance Hemodialysis; Cardiovascular Calcification; Coronary Artery Calcification Score维持性血液透析(MHD)是终末期肾病患者的常见治疗方式,指利用血液透析或腹膜透析来延长生存期限,在多种肾脏疾病中均有广泛的应用^[1-2]。MHD患者常常出现心血管钙化的并发症,是引起终末期肾病患者心血管风险的主要原因之一。研究显示,MHD患者中并发血管钙化者占60%~70%,是健康人群的2~5倍,因此,早期监测或评估心血管钙化程度对于预防心血管疾病及降低死亡率、改善预后^[3]。既往研究中,对MHD患者中心血管钙化的影响因素的探讨多围绕血清钙磷代谢、血脂、血压等指标开展,而评估心血管钙化程度的方式则主要是计算机断层扫描(CT)、X线平片、冠脉血管造影、血管组织病理等^[4-5]。本研究为了探讨CT量化指标在评估MHD患者心血管钙化情况中的应用价值,选取本院既往收治的82例相关患者的临床资料进行分析,具体内容如下。**1 资料与方法****1.1 一般资料** 选取我院2023年8月至2024年8月收治的82例MHD患者的临床资料进行回顾性分析,其中冠状动脉钙化(CAC)轻中度钙化者58例,重度钙化24例。**纳入标准:** (1)透析治疗>6个月;(2)年龄18~75岁;(3)预计生存期>6个月。**排除标准:** (1)既往有甲状腺手术史;(2)合并心律失常、多发性骨髓瘤、淀粉样变性、冠状动脉支架植入等;(3)合并严重周围血管病变、恶性肿瘤、严重感染等。本研究已经本院医学伦理委员会批准通过。**1.2 方法** 收集并对比不同钙化情况患者的基础资料,包括性别、年龄、体质量(BMI)、透析龄、吸烟史、饮酒史及钙磷代谢用药情况等。收集并对比不同钙化情况患者透析次日的基线白蛋白、基线总胆固醇、基线高密度脂蛋白、基线甘油三酯、基线低密度脂蛋白**【第一作者】** 赵德崇,男,住院医师,主要研究方向:血液净化。E-mail: ambitionzdc@163.com**【通讯作者】** 王建刚,男,主任医师,主要研究方向:血液净化。E-mail: wjg66777@163.com

白、基线收缩压、基线舒张压、基线平均动脉压。收集并对比不同钙化情况患者的时间平均血钙(TA-Ca)、时间平均血磷(TA-P)、时间平均25羟维生素D[TA-25(OH)D]。收集并对比不同钙化情况

患者的CT量化指标,即冠状动脉钙化积分(CACS),并采用侧位脊柱X线成像技术进行腹主动脉钙化积分(AACS)。

1.3 典型病例 典型病例的CT影像见图1~3。



图1~3 CT图可见胸廓两侧对称,气管居中,纵隔无移位。两肺纹理增粗,小叶间隔增厚,可见多发粟粒状小结节影。右肺下叶见条纹状高密度影;管-支气管通畅;两肺门影未见明显增大,两侧胸膜稍增厚;两侧胸腔内见少量积液影;纵隔内未见明显肿大淋巴结。前纵隔可见小片状软组织密度影,与心包关系密切。心包稍增大。冠状动脉走行区可见钙化灶。扫及腹腔内见积液影。

1.4 观察指标 (1)不同钙化情况MHD患者的基础资料对比;(2)不同钙化情况MHD患者的血脂、血压对比;(3)不同钙化情况MHD患者的血清指标对比;(4)不同钙化情况MHD患者的CACS、AACS对比;(5)MHD患者CAC情况的多因素Logistic回归分析。

1.5 统计学方法 应用SPSS 22.0统计软件进行数据分析,计数资料以例(%)表示,组间比较行 χ^2 检验;计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用t检验,采用多因素Logistic分析MHD患者CAC情况的影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析CACS、AACS等指标对MHD患者CAC情况的诊断价值, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同钙化情况MHD患者的基础资料对比 两组年龄、性别、BMI、透析龄、吸烟史、饮酒史、基础合并症、原发疾病对比差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表1。

2.2 不同钙化情况MHD患者的血脂、血压对比 两组基线白蛋白、基线总胆固醇、基线高密度脂蛋白等指标水平对比差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表2。

2.3 不同钙化情况MHD患者的钙磷代谢指标对比 重度钙化MHD患者TA-Ca、TA-P水平均高于轻中度钙化MHD患者($P < 0.05$),两组TA-25(OH)D水平对比差异无统计学意义($P > 0.05$),见表3。

2.4 不同钙化情况MHD患者的CACS、AACS对比 重度钙化MHD患者CACS、AACS均高于轻中度钙化MHD患者($P < 0.05$),见表4。

2.5 MHD患者CAC情况的多因素Logistic回归分析 将单因素分析呈现有差异指标纳入多因素Logistic回归分析,行量化赋值,见表5,证实TA-Ca、TA-P、CACS、AACS是MHD患者CAC情况的影响因素($P < 0.05$)。见表6。

2.6 TA-Ca、TA-P、CACS、AACS对MHD患者CAC情况诊断价值的ROC分析 经ROC曲线分析,TA-Ca、TA-P、CACS、AACS诊断MHD患者CAC程度的曲线下面积分别为0.787、0.786、0.804、0.750,如表7、图4所示。

表1 不同钙化情况MHD患者的基础资料对比[(例, %)]

指标	轻中度钙化(n=58)	重度钙化(n=24)	χ^2/t	P
年龄(岁)	58.25±12.02	62.21±13.55	1.307	0.195
性别			0.289	0.591
男	35(60.34)	16(66.67)		
女	23(39.66)	8(33.33)		
BMI(kg/m ²)	24.10±1.05	24.32±1.12	0.847	0.400
透析龄(岁)	5.56±2.65	5.68±2.82	0.183	0.855
吸烟史	26(44.83)	12(50.00)	0.183	0.669
饮酒史	22(37.93)	10(41.67)	0.100	0.752
基础合并症				
高血压	31(53.45)	12(50.00)	0.081	0.776
糖尿病	20(34.48)	7(29.17)	0.217	0.641
高血脂	15(25.86)	6(25.00)	0.007	0.935
冠心病	19(32.76)	8(33.33)	0.003	0.960
原发疾病			0.590	0.552
慢性肾炎	24(41.38)	11(45.83)		
高血压肾病	12(20.69)	4(16.67)		
糖尿病肾病	10(17.24)	7(29.17)		
多囊肾	3(5.17)	1(4.17)		
药物性肾损害	9(15.52)	1(4.17)		
钙磷代谢用药情况				
碳酸钙	26(44.83)	14(58.33)	1.240	0.266
骨化三醇	41(70.69)	17(70.83)	0.000	0.990
西那卡塞	6(10.34)	4(16.67)	0.634	0.426
未用药	10(17.24)	3(12.50)	0.286	0.592

表2 不同钙化情况MHD患者的血脂、血压对比

指标	轻中度钙化(n=58)	重度钙化(n=24)	t	P
基线白蛋白(g/L)	46.25±4.18	48.05±4.55	1.729	0.088
基线总胆固醇(mmol/L)	4.85±1.22	5.12±1.16	0.925	0.358
基线高密度脂蛋白(mmol/L)	1.31±0.52	1.38±0.62	0.524	0.602
基线低密度脂蛋白(mmol/L)	2.35±0.75	2.65±0.82	1.604	0.113
基线甘油三酯(mmol/L)	1.32±0.29	1.40±0.31	1.114	0.269
基线收缩压(mmHg)	130.25±21.02	132.65±20.68	0.473	0.638
基线舒张压(mmHg)	85.20±2.65	86.32±3.10	1.656	0.102
基线平均动脉压(mmHg)	98.22±18.54	102.32±21.02	0.876	0.384

表3 不同钙化情况MHD患者的钙磷代谢指标对比

指标	轻中度钙化(n=58)	重度钙化(n=24)	t	P
TA-Ca(mmol/L)	1.52±0.26	2.55±0.35	14.696	0.000
TA-P(mmol/L)	0.68±0.15	1.65±0.39	16.349	0.000
TA-25(OH)D(ng/mL)	26.52±6.35	26.78±6.21	0.170	0.866

表4 不同钙化情况MHD患者的CACS、AACCS对比

指标	轻中度钙化(n=58)	重度钙化(n=24)	t	P
CACS	102.25±15.02	253.02±23.20	34.973	0.000
AACS	7.26±1.56	16.54±2.21	21.584	0.000

表5 量化赋值表

因素	量化赋值
TA-Ca	连续变量
TA-P	连续变量
CACS	连续变量
AACS	连续变量
钙化程度	轻中度=0, 重度=1

表6 MHD患者CAC情况的多因素Logistic回归分析

因素	β	标准误	Wald/ χ^2	P	OR	95%可信区间
TA-Ca	0.311	0.146	4.532	0.033	1.365	1.025~1.818
TA-P	0.686	0.248	7.647	0.006	1.985	1.221~3.227
CACS	1.657	0.790	4.406	0.036	5.245	1.116~24.651
AACS	1.296	0.545	5.657	0.017	3.654	1.256~10.630

表7 TA-Ca、TA-P、CACS、AACCS对MHD患者CAC情况的诊断价值分析

指标	曲线下面积	标准误	P	95%IC	最佳截断值	敏感性(%)	特异性(%)
TA-Ca	0.787	0.057	0.000	0.676~0.898	1.89	75	81
TA-P	0.786	0.062	0.000	0.664~0.908	1.07	62.50	87.90
CACS	0.804	0.061	0.000	0.684~0.924	174.88	70.80	91.40
AACS	0.750	0.062	0.000	0.628~0.873	11.06	62.50	82.80

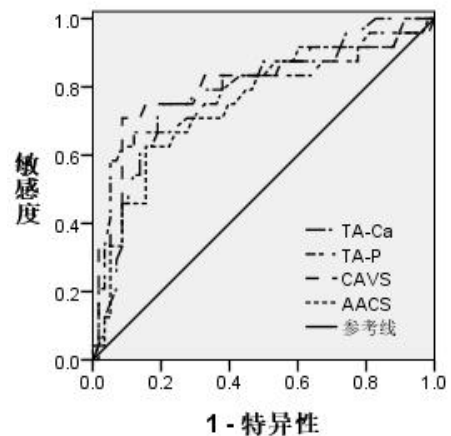


图4 TA-Ca、TA-P、CACS、AACCS诊断MHD患者CAC程度的ROC分析。

3 讨论

随着血液净化治疗技术的发展,终末期肾脏疾病患者通过MHD治疗可在一定程度上提高生存率及生活质量,但同时仍存在50%以上的患者并发心血管疾病而致死^[6-7]。既往研究显示,血管钙化是MHD患者心血管发病和死亡的独立危险因素,由于长期透析可导致骨、矿物质代谢紊乱,易引起血管壁、心肌、心脏瓣膜等软组织的异位钙化,如典型表现为磷酸钙沉积,发生部位主要是内膜、血管中层,以动脉中层钙化最为普遍^[8-9]。血管钙化是多种因素共同作用的结果,包括钙磷代谢紊乱、高血压、高血脂等,具体影响机制较为复杂,临床至今尚未完全阐明,也为后续临床对心血管钙化的防治工作造成困难。同时,临床认为,早期采用辅助诊断方式评估心血管钙化程度,能够为临床预防心血管疾病的发生起到积极作用^[10]。本研究通过分析对比82例MHD患者的临床资料及相关指标,明确了心血管钙化的影响因素及CT量化指标的诊断价值。

本研究结果显示,重度钙化MHD患者TA-Ca、TA-P水平均高于轻中度钙化MHD患者,两组TA-25(OH)D水平对比差异无统计学意义。TA-Ca、TA-P为反映钙磷代谢水平的指标,其水平越高提示体内钙磷代谢紊乱,机体对钙、磷的吸收、利用存在异常,从而导致血液中钙、磷浓度失衡。而钙离子是维持心血管健康的重要矿物质之一,磷则参与细胞信号传导和骨骼健康,当二者水平失调,则会引起血管壁钙化^[11-12]。因此提示临床应采用相关药物来调节钙磷代谢水平,如阿仑磷酸钠、依降钙素等,抑制破骨细胞活性,减少骨质流失,改善心血管内膜中钙质的沉积情况。相关研究中显示,应用碳酸钾可维持血压水平,预防高血压的发生,但过量摄入则可能加重血管钙化,增加动脉硬化的风险^[13-14]。本研究对不同钙化程度患者的钙磷用药情况进行对比,结果显示差异无统计学意义,可能与患者的具体用药剂量、疗程有关,不存在过量的情况。重度钙化MHD患者CACS、AACS均高于轻中度钙化MHD患者,提示不同钙化情况的患者CT量化指标存在差别。CACS是基于未经增强的低剂量CT扫描检测进行的冠状动脉钙化评分,能够提示冠状动脉钙化的体积大小以及密度大小,CACS越高,则提示冠状动脉钙化密度越高,相应地预后发生心脏不良事件的风险也会增加^[15-16]。AACS则是对腹主动脉钙化的一个评分,研究显示,重度CAVS患者合并AACS及其它钙化的比例更高,CACS与所有血管钙化评分均呈正相关^[17-18]。经ROC曲线分析,TA-Ca、TA-P、CACS、AACS诊断MHD患者CAC程度的曲线下面积分别为0.787、0.786、0.804、0.750,提示钙磷代谢指标、CT量化指标及X线指标均对MHD患者血管钙化水平有良好的诊断价值。提示临床可早期进行上述指标及检查方式的评估和检测,及时获取血管钙化信息,从而指导临床预防治疗方案的制定,改善心血管疾病的预后。

综上所述,在MHD患者中利用CT量化指标能够对心血管钙化水平进行早期评估和诊断,同时可结合钙磷指标、X线检查进行综合判定,为临床提供更全面的诊断信息,帮助预后心血管疾病的防治。

参考文献

- [1] 陈利明,刘亚玲,李雪,等. ^{18}F -NaF PET/CT显像评估维持性血液透析患者血管钙化的作用[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42(11): 1830-1837.
- [2] 陈天怡,张东亮. 维持性血液透析患者腹主动脉钙化进展情况及危险因素分析[J]. 中国血液净化, 2024, 23(6): 426-430.
- [3] 张慧欣,金东生,罗松,等. 光子计数探测器CT纯净钙化算法评估冠状动脉钙化积分的最优重建参数研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2024, 47(6): 654-659.
- [4] 吴月,张新伟,刘倩,等. 冠状动脉周围脂肪组织影像学特征对心血管风险评估的研究进展[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(4): 654-657.
- [5] 谢嘉平,张波,尧鹏,等. 维持性血液透析患者血清心肌肌钙蛋白T,hs-CRP表达与心血管并发症的关系研究[J]. 标记免疫分析与临床, 2023, 30(6): 942-947.
- [6] 郭文利,熊琳,吴蔚桦,等. 维持性血液透析患者冠状动脉钙化相关血清学标志物的筛选及其相关性分析[J]. 中国动脉硬化杂志, 2023, 31(4): 336-342.
- [7] 何梅杰,李笑石,耿纪刚,等. 与数字减影血管造影结果对比评价中心静脉CT静脉造影对肾透析血管通路狭窄的诊断效能[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(3): 396-399.
- [8] 杨盼盼,陆璐,盛茂,等. 双层探测器光谱CT虚拟平扫评估冠状动脉钙化积分的可行性[J]. 安徽医科大学学报, 2023, 58(4): 692-697.
- [9] 詹昊,陈其春,刘田田,等. 基于QCT分析维持性血液透析患者体质成分变化及骨密度的影响因素[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(12): 158-160.
- [10] 董莉萍,刘松,徐琦,等. 维持性血液透析患者外周血miR-125b-5p与冠状动脉钙化相关性研究[J]. 中国分子心脏病学杂志, 2024, 24(1): 5844-5852.
- [11] 邹欢,张游. 慢性肾脏病维持性血液透析患者高磷血症与心血管参数的相关性[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2023, 22(7): 526-530.
- [12] 赵艳娥,金东生,孙美荣,等. 光子计数探测器CT低剂量胸部扫描评估冠状动脉钙化积分的可行性研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2024, 47(6): 647-653.
- [13] 吕贤坤,赵宏伟,吕宗展,等. CT冠状动脉成像中钙化斑块特征对血管狭窄诊断结果的影响[J]. 医学临床研究, 2024, 41(6): 893-895.
- [14] Wen W, Portales-Castillo I, Seethapathy R, et al. Intravenous sodium thiosulphate for vascular calcification of hemodialysis patients—a systematic review and meta-analysis[J]. Nephrol Dial Transplant, 2023, 38(3): 733-745.
- [15] Lin RA, Hsieh JT, Huang CC, et al. Circulating osteocalcin fractions are associated with vascular calcification and mortality in chronic hemodialysis patients[J]. Calcif Tissue Int, 2023, 113(4): 416-425.
- [16] Xiong L, Chen QQ, Cheng Y, et al. The relationship between coronary artery calcification and bone metabolic markers in maintenance hemodialysis patients[J]. BMC Nephrol, 2023, 24(1): 238.
- [17] Lin Y, Huang J, Zhou M, et al. Association of serum klotho levels with different-staged vascular calcification status in patients with maintenance hemodialysis[J]. BMC Nephrol, 2022, 23(1): 374.
- [18] 程红娟,吴晓蓉,周威,等. 腹膜透析患者冠状动脉钙化相关血清学标志物的筛选及预测价值研究[J]. 中国血液净化, 2024, 23(3): 165-169.

(收稿日期: 2025-03-26)

(校对编辑: 翁佳鸿)