

· 骨骼肌肉影像学 ·

基于定量 CT 分析维持性血液透析患者腰椎骨密度与体质成分的相关性

吕磊, 翟建, 李培, 刘奇峰, 方世武

【摘要】 目的:采用定量 CT 技术(QCT),分析维持性血液透析(MHD)患者的腰椎骨密度(BMD)与体成分及其他相关指标的关系。**方法:**回顾性分析弋矶山医院 2014 年 7 月—2022 年 8 月维持性血液透析患者共 106 例,使用 QCT 测量患者的 L1、L2 的 BMD, L3 中心层面的体成分信息,包括内脏脂肪(VAT)、皮下脂肪(SAT)、总脂肪(TAT)、腰 3 水平横断面肌肉面积(L3-SMA),腰 3 水平肌肉内的脂肪含量(L3-IMAT),同时记录患者的年龄、性别、透析时长及血液生化指标,采用 Pearson 相关分析 MHD 患者腰椎 BMD 与各指标的相关性。依据 BMD 测量结果,将 106 例 MHD 患者分为骨量正常组($n=61$)及骨量异常组($n=45$),比较两组间体成分及各个临床指标的差异,并采用多因素 logistic 回归分析 MHD 患者骨量异常的危险因素。**结果:**106 名 MHD 患者中 57.55% (61 例)骨量正常,42.45% (45 例)骨量异常,其中 26.41% (28 例)骨量减少,16.04% (17 例)骨质疏松。骨量异常组的年龄、TC、LDL-C、P、VAT、SAT、TAT、L3-SMA 及 L3-IMAT 均高于骨量正常组,差异具有统计学意义($P<0.05$),两组间的性别、透析龄、TG、HDL-C、ALB 及 Ca 水平差异无统计学意义($P>0.05$)。MHD 患者腰椎 BMD 与 L3-SMA 呈正相关($r=0.264, P<0.05$),与年龄、VAT、SAT、TAT、L3-IMAT 及 TC 呈负相关($P<0.05$)。未发现 MHD 患者腰椎 BMD 与透析龄、TG、HDL-C、LDL-C、ALB、Ca 及 P 存在相关性($P>0.05$),多因素 logistic 回归显示高血磷、高龄及高 L3-IMAT 是 MHD 患者发生骨量异常的危险因素。**结论:**MHD 患者腰椎 BMD 与体成分、年龄及 TC 有相关性,高血磷、高龄及高 L3-IMAT 是 MHD 患者发生骨量异常的独立危险因素。

【关键词】 体层摄影术, X 线计算机; 体质; 骨密度; 肾透析

【中图分类号】 R814.4; R33; R336; R459.5 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2024)02-0247-06

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2024.02.017

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Correlation analysis of lumbar bone mineral density and body composition in maintenance hemodialysis patients based on quantitative CT LYU Lei, ZHAI Jian, LI Pei, et al. Medical Imaging Center, Yijishan Hospital of Wannan Medical College, Wuhu 241001, China

【Abstract】 Objective: To analyze the correlation between lumbar bone mineral density (BMD) and body composition and other related indexes in maintenance hemodialysis (MHD) patients by quantitative computed tomography (QCT) technique. **Methods:** A total of 106 patients with maintenance hemodialysis in Yijishan Hospital from July 2014 to August 2022 were retrospectively analyzed. QCT was used to measure the BMD of L1 and L2, and the body composition information of L3 central level, including visceral adipose tissue (VAT), subcutaneous adipose tissue (SAT), total adipose tissue (TAT), L3-skeletal muscle area (L3-SMA), and L3-intramuscular fat (L3-IMAT). At the same time, the age, gender, dialysis duration and blood biochemical indicators of the patients were recorded. Pearson correlation analysis was used to analyze the correlation between lumbar BMD and various indicators in MHD patients. According to the results of BMD measurement, 106 MHD patients were divided into normal bone mass group ($n=61$) and abnormal bone mass group ($n=45$). The differences in body composition and various clinical indicators between the two groups were compared, and multivariate logistic regression was used to analyze the risk factors of abnormal bone mass in MHD patients.

作者单位: 241001 安徽芜湖, 皖南医学院弋矶山医院影像中心

作者简介: 吕磊(1996—), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 住院医师, 主要从事 X 线、CT 及 MRI 的诊断工作。

通讯作者: 翟建, E-mail: yjszhaij@126.com

Results: Among the 106 patients with MHD, 57.55% (61 cases) had normal bone mass and 42.45% (45 cases) had abnormal bone mass, including 26.41% (28 cases) with reduced bone mass and 16.04% (17 cases) with osteoporosis. The age, total cholesterol (TC), LDL-C, Phosphorus (P), VAT, SAT, TAT, L3-SMA and L3-IMAT in the abnormal bone mass group were higher than those in the normal bone mass group and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The differences in gender, dialysis age, triglyceride (TG), HDL-C, ALB and Ca levels between the two groups were not statistically significant ($P > 0.05$). Lumbar BMD in MHD patients was positively correlated with L3-SMA ($r = 0.264, P < 0.05$), and negatively correlated with age, VAT, SAT, TAT, L3-IMAT and TC ($P < 0.05$). No correlation was found between lumbar BMD and dialysis age, TG, HDL-C, LDL-C, ALB, Ca and P in MHD patients ($P > 0.05$). Multivariate logistic regression showed that high blood phosphorus, advanced age and high L3-IMAT were risk factors for the development of bone mass abnormalities in patients with MHD. **Conclusion:** There is a correlation between lumbar BMD and body composition, age and TC in MHD patients. High blood phosphorus, advanced age and high L3-IMAT are independent risk factors for the development of bone mass abnormalities in MHD patients.

[Key words] Tomography, X-ray computed; Body constitution; Bone density; Renal dialysis

随着各种血液净化技术的不断涌现和发展,维持性血液透析(maintenance hemodialysis, MHD)患者的数量明显增加,其骨质疏松的发病率也逐渐增高,不仅严重影响患者生活质量,而且也成为透析患者死亡的独立危险因素^[1]。骨密度(bone mineral density, BMD)值作为当前诊断骨质疏松症的首要指标,其影响因素有很多,也一直是研究的热点。体质成分指的是身体内各种成分的含量,主要由骨骼、肌肉和脂肪 3 部分组成^[2],能反映人体的体质情况、形体特征,维持性血液透析患者体成分对骨密度影响的研究并不多,其关系并未明确。体质成分的测量方法有很多,包括生物电阻抗法、双能 X 线法、磁共振成像法、定量 CT (quantitative computed tomography, QCT) 法及水下称重法等。QCT 因其独特的技术优势,现在已经成为体成分(肌肉、骨骼、脂肪)测量的“金标准”^[3-4]。本研究利用 QCT 法测量维持性血液透析患者的体成分信息,分析其与骨密度的关系,发现骨量异常的危险因素,旨在为 MHD 患者骨质疏松的防治提供依据,现报道如下。

材料与方法

1. 研究对象

回顾性分析我院 2014 年 7 月—2022 年 8 月 MHD 患者共 106 例。入组标准:①所有患者影像资料完整,最低扫描层面要达到 L3 中心层面;②患者每周透析 2~3 次,每次透析 4h,最低透析龄为 3 个月;③年龄>25 岁,病史资料完整。排除标准:①影像及临床资料不全;②恶性肿瘤,白血病,淋巴瘤等其他恶性血液系统疾病患者,长期糖皮质激素治疗及免疫抑制剂者;③严重急慢性炎症,外伤、骨折、内分泌系统疾

病患者等。本研究为回顾性研究,已通过本院伦理委员会批准,免除患者知情同意。

2. 研究方法

一般资料及临床实验室指标:入院后搜集患者的一般资料,包括年龄、性别、透析时长;临床实验室指标包括血清钙(calcium, Ca)、磷(phosphorus, P)、血清总胆固醇(Total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglyceride, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、血清白蛋白(Albumin, ALB)等。

QCT 测量患者的体成分:Philips Brilliance 64 CT 机上获得影像资料传送至美国 Mindways 软件公司开发研制的 QCT 骨密度检测软件(QCT-PRO),半自动进行骨、肌及脂肪的测量。CT 扫描参数:管电压 120 kV,管电流 250 mA,螺距 1.375,FOV 500 mm×500 mm,矩阵 512×512。以下测量均由 2 位住院医师在主任医师的指导下完成的,为了减少偏移,在仔细勾画的同时,所有测量结果均取两位医师测量的平均值视为最终测量结果。

骨密度的测量:利用骨密度分析模块,测量 L1 及 L2 松质骨骨密度,ROI 放置在松质骨的中心,注意避开血管、硬化及皮质骨(图 1)。依据 QCT 骨质疏松诊断标准^[5],将入组的 106 例患者按照骨密度测量结果分为骨量正常组及骨量异常组(骨量减低者及骨质疏松者)。

腹部脂肪含量的测量(图 2):L2/L3 层面为评估全腹部脂肪含量的最佳层面^[6],本研究选用 L3 中心层面;利用“tissue composition”模块软件对脂肪组织自动染色,自动得出皮下脂肪(subcutaneous adipose

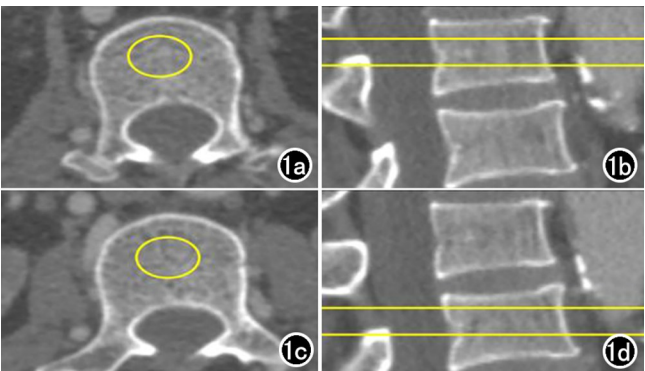


图1 腰椎骨密度测量示意图。a)于L1椎体中部层面椎体中心勾画ROI(黄圈);b)在矢状面重组图像上确定L1椎体中部水平(黄线);c)于L2椎体中部层面椎体中心勾画ROI(黄圈);d)在矢状面重组图像上确定L2椎体中部水平(黄线)。

tissue, SAT)、腹内脂肪(visceral adipose tissue, VAT)及腹部总脂肪(total adipose tissue, TAT)。

肌肉含量及肌肉内脂肪含量的测量(图3):同样利用“tissue composition”模块进行测量。研究证实第三腰椎椎体水平骨骼肌面积(skeletal muscle area at the third lumbar vertebral plane, L3-SMA)最能反映全身肌肉质量^[7]。本研究为确保测量结果的准确性,分别测量L3水平椎旁肌群及腹壁肌群面积和肌内的脂肪含量,两者相加得到L3-SMA, L3层面肌肉内的脂肪含量(L3-intramuscular fat, L3-IMAT)。

3. 统计学分析

采用SPSS 26.0 统计分析软件,以Kolmogorou-Smirnor 检验计量资料是否符合正态分布,正态分布的计量资料组间比较用 t 检验,并用 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正

态分布的计量资料组间比较用Mann-Whitney U 检验,并用 $M(P25, P75)$ 表示,计数资料组间比较采用卡方检验,用 $[n(\%)]$ 表示。相关性分析采用Pearson 相关。运用多因素Logistic 回归分析BMD下降的危险因素。

结 果

1. 维持性血液透析患者骨量状况
- 106 例MHD 患者中骨量正常者占57.55%(61 例),骨量异常者占42.45%(45 例),其中骨量减低者占26.41%(28 例),骨质疏松者占16.04%(17 例)。在17 例骨质疏松患者中女性占比70.59%(12 例)高于男性29.41%(5 例)。
2. 骨量正常组和骨量异常组体成分及临床资料的比较
- 骨量正常组的BMD 高于骨量异常组的BMD,差异具有统计学意义($t=14.927, P<0.001$),而两组间的性别($\chi^2=1.892, P=0.169$)、透析龄($Z=-0.363, P=0.717$)、TG($Z=-0.022, P=0.982$)、HDL-C($Z=-1.218, P=0.223$)、ALB($t=0.307, P=0.759$)及Ca($t=0.372, P=0.711$)水平差异无统计学意义。骨量异常组的年龄($t=-4.46, P<0.001$)、TC($t=-2.215, P=0.029$)、LDL-C($t=-2.191, P=0.031$)及P($t=-2.175, P=0.032$)水平均高于骨量正常组,差异具有统计学意义。在两组の体成分信息对比方面,骨量异常组のVAT($Z=-3.714, P<0.001$)、SAT($Z=-2.010, P=0.044$)、TAT($Z=-3.327, P<0.001$)、L3-SMA($t=2.335, P=0.021$)及L3-IMAT($Z=-5.085, P\leq 0.001$)高于骨量正常组,差异

表1 骨量正常组和骨量异常组体质成分及临床资料的比较

项目	骨量异常组(n=45)	骨量正常组(n=61)	统计值	P
性别[例数(%)]			$\chi^2=1.892$	0.169
男	19(42.2)	34(55.7)		
女	26(57.8)	27(44.3)		
年龄(岁)	61.87±11.63	51.28±12.40	$t=-4.46$	<0.001
透析龄(月)	36(24.78)	48(12.90)	$Z=-0.363$	0.717
BMD(mg/cm³)	92.58±21.26	176.87±36.50	$t=14.927$	<0.001
VAT(cm²)	161.4(90.6,205.4)	74.9(41.2,150.0)	$Z=-3.714$	<0.001
SAT(cm²)	95.3(52.85,142.7)	60.9(25.05,131.7)	$Z=-2.010$	0.044
TAT(cm²)	261.3(163.35,361.55)	135.4(78.45,286.45)	$Z=-3.327$	<0.001
L3-SMA(cm²)	97.96±23.54	111.24±32.34	$t=2.335$	0.021
L3-IMAT(cm²)	26.40(19.40,38.30)	13.50(9.45,20.95)	$Z=-5.085$	<0.001
TC(mmol/L)	3.68±1.25	3.20±0.99	$t=-2.215$	0.029
TG(mmol/L)	1.68(0.97,2.23)	1.59(1.08,2.16)	$Z=-0.022$	0.982
HDL-C(mmol/L)	1.05(0.90,1.30)	0.94(0.71,1.15)	$Z=-1.218$	0.223
LDL-C(mmol/L)	1.97±0.91	1.62±0.73	$t=-2.191$	0.031
ALB(g/L)	30.71±5.82	31.08±6.21	$t=0.307$	0.759
Ca(mmol/L)	2.18±0.27	2.20±0.22	$t=0.372$	0.711
P(mmol/L)	1.71±0.64	1.46±0.52	$t=-2.175$	0.032

BMD:骨密度;VAT:腹内脂肪;SAT:皮下脂肪;TAT:总脂肪;L3-SMA:第三腰椎椎体水平骨骼肌面积;L3-IMAT:第三腰椎椎体水平肌肉内脂肪含量;TC:总胆固醇;TG:甘油三酯;HDL-C:高密度脂蛋白胆固醇;LDL-C:低密度脂蛋白胆固醇;ALB:白蛋白;Ca:钙;P:磷。

具有统计学意义(表 1)。

3. 腰椎 BMD 与体成分及各指标的相关性分析

表 2 所示 MHD 患者的腰椎 BMD 与 L3-SMA 呈正相关($r=0.264, P=0.006$),与年龄($r=-0.514, P<0.001$)、VAT($r=-0.413, P<0.001$)、SAT($r=-0.268, P=0.006$)、TAT($r=-0.392, P<0.001$)、L3-IMAT($r=-0.515, P<0.001$)及 TC($r=-0.208, P=0.032$)呈负相关。透析龄、TG、HDL-C、LDL-C、ALB、Ca 及 P 与腰椎 BMD 无明显相关性($P>0.05$)。

表 2 腰椎 BMD 与体成分及各指标的相关性分析

项目	腰椎 BMD	
	<i>r</i>	<i>P</i>
年龄	-0.514	<0.001
透析龄	0.02	0.841
VAT	-0.413	<0.001
SAT	-0.268	0.006
TAT	-0.392	<0.001
L3-SMA	0.264	0.006
L3-IMAT	-0.515	<0.001
TC	-0.208	0.032
TG	-0.052	0.598
HDL-C	-0.153	0.118
LDL-C	-0.187	0.055
ALB	0.015	0.880
Ca	-0.031	0.756
P	-0.144	0.140

4. 维持性血液透析患者骨量异常危险因素的 Logistic 回归分析

将年龄、L3-IMAT、VAT、P 纳入多因素 Logistic 回归。结果显示高血磷(OR=3.393, 95%CI:1.405~8.196, $P=0.007$)、高龄(OR=1.071, 95%CI:1.026~1.118, $P=0.002$)及高 L3-IMAT(OR=1.080, 95%CI:1.025~1.138, $P=0.004$)是 MHD 患者发生骨量异常的危险因素(表 3)。

表 3 维持性血液透析患者骨量异常危险因素的 Logistic 回归分析

项目	B	标准误	卡方值	OR(95%CI)	P
年龄	0.068	0.022	9.770	1.071(1.026~1.118)	0.002
L3-IMAT	0.077	0.027	8.329	1.080(1.025~1.138)	0.004
VAT	0.004	0.004	0.775	1.004(0.996~1.012)	0.379
P	1.222	0.450	7.374	3.393(1.405~8.196)	0.007

讨 论

骨质疏松症是指因各种原因导致的骨质流失, BMD 下降的全身性代谢性疾病^[8],在除外外伤等诱发骨折的因素后,骨质疏松是最常见的骨折原因。骨质疏松性骨折是 MHD 患者的常见并发症,不仅增加患者的痛苦感,而且因为一系列连锁反应,加重患者生存负担,增加患者的死亡率^[9]。因此,探索 MHD 患者 BMD 与各个指标的关系,发现 BMD 下降的危险因素具有重要的临床意义。

肥胖与骨强度下降和骨质疏松有千丝万缕的联系,以往常常用臀围、腰围、体重及 body mass index 来评价肥胖,均有一定的片面性,因其反映的是整体肥胖情况。现普遍认为测量不同部位的脂肪含量具有更加重要的临床意义,高水平 VAT 比 SAT 具有更大的危害性。本研究利用 QCT 测量 MHD 患者 L3 层面的腹部脂肪组织,显示 VAT、SAT、TAT 与 BMD 呈负相关,这与 Wang^[10] 研究结果相一致,不仅仅是 MHD 患者,在健康的人群中也有学者认为 BMD 与腹部脂肪组织存在负相关性,Wang^[11] 研究了 320 名女性,发现 L4 层面 VAT、SAT、TAT 与 BMD 呈负相关。脂肪组织的过度蓄积不仅影响形体美观,增加骨骼及肌肉的机械负荷,而且对骨代谢有不利影响,脂肪组织具有重要的内分泌功能,能分泌多种激素及脂肪因子,如瘦素、脂联素、雌激素、肿瘤坏死因子 α 及白细胞介素 6 等,这些物质通过多种复杂的途径影响骨的形成和吸收,参与骨质疏松的形成与发展^[12]。各种脂肪因子的合成及分泌紊乱将会破坏骨平衡,破骨细胞活性相对增加,最终导致骨质流失、骨质疏松^[13]。

骨骼和肌肉在解剖及功能上联系紧密,它们共同

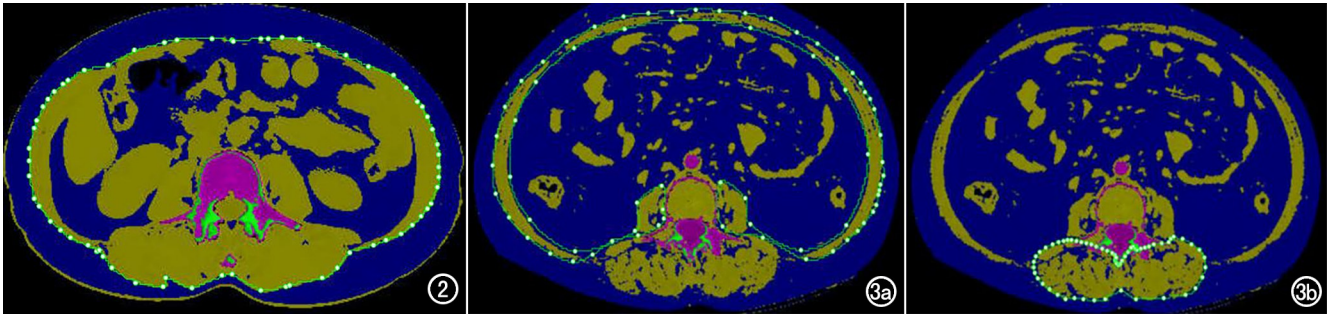


图 2 绿色光圈外蓝色代表皮下脂肪含量,光圈内则代表腹腔内脂肪含量。图 3 实测图。a) 绿色光圈内的区域面积即为腹壁肌群面积,绿色光圈内的蓝色脂肪面积即为腹壁肌群脂肪含量;b) 椎旁肌群面积和肌肉内脂肪含量的测量。

参与机体的运动行为,肌肉产生的机械刺激可促进成骨细胞的活动,增加 BMD,学者发现肌肉可产生多种化学物质来提高 BMD^[14],骨密度下降往往伴有肌肉的丢失。骨质疏松症与肌肉减少症常常相伴发生,有学者将二者的异常作为“活动功能障碍综合征”(dysmobility syndrome)^[15]进行研究,这些都表明骨骼和肌肉存在正相关性。本研究发现 L3-SMA 与 BMD 存在正相关性,这与以上观点相一致。Cherif^[16]发现了全身肌肉与骨密度正相关,肌肉是影响骨密度的关键积极因素。

IMAT 也是目前研究的热点,QCT 在测出 SMA 的同时,自动计算出了 IMAT。对肌进行评价时测量 IMAT 比肌肉的大小更有意义^[17],本研究发现 L3-IMAT 与 BMD 之间存在负相关性,且是 MHD 患者骨量异常的独立危险因素。IMAT 组织过量浸润对 BMD 有不良影响。IMAT 对骨密度的影响是多方面的,更多的是通过对肌肉的不利影响来间接导致 BMD 的下降。日本的一项研究学者发现 IMAT 对肌肉功能的影响甚至要大于肌肉含量对肌肉功能的影响^[18],也有研究指出 IMAT 的增加也会导致肌肉质量的降低^[19]。IMAT 的过度蓄积会导致机体炎症状态,增加胰岛素抵抗程度,同腹部脂肪组织一样,IMAT 组织也具有内分泌功能,这些都可能是其导致 BMD 下降原因。因此 MHD 患者在保证自身安全的同时,应该积极参与适量运动,合理的膳食,这些都可减少腹部脂肪及肌肉内脂肪的蓄积对 BMD 产生的不良影响。

本研究分析了 BMD 与 MHD 患者的临床资料及血液生化指标的关系,发现年龄与 BMD 呈负相关,多因素 Logistic 回归显示高龄是 MHD 患者骨量异常的独立危险因素,可能是由于高龄患者活动减少,体内激素水平下降及营养吸收不良有关。年龄作为 MHD 患者骨质疏松的传统危险因素,以往很多研究已经得到证实。关于血脂与 BMD 的关系一直有很大争议存在,本研究发现透析患者的 BMD 与 TC 呈负相关,而与其他血脂指标无相关性。GO^[20]发现腰椎 BMD 与 TC、LDL-C 及 HDL-C 无关;有研究报道 TC、TG、LDL-C 及 HDL-C 呈负相关,这也是目前多数研究所支持的观点^[21-22];少数研究认为血脂与 BMD 正相关^[23]。血脂对骨密度的影响是多方面的,之所以出现多种不同的结果,可能是由于纳入研究的人群特征不同所导致的。MHD 患者血脂与 BMD 的关系还需要更加深入的研究。

本研究结果显示 MHD 患者血清 P、Ca 与 BMD 无相关性,与其他学者研究结果一致^[24],但是多因素 Logistic 回归分析发现血磷是 MHD 患者骨量异常的独立危险因素,可见高磷血症是 MHD 患者发生骨量

异常的非传统危险因素,这与 LU^[25]研究结果相一致。血磷在骨代谢中扮演着极其重要的角色,高磷血症是肾性骨营养不良进展的中心环节,高血磷刺激甲状旁腺细胞产生过多的甲状旁腺激素,甲状旁腺激素导致骨溶解加速,释放出更多血磷,从而形成恶性循环,导致骨代谢紊乱,骨质疏松。因此,MHD 患者要注意高磷血症的发生。

本研究存在一些不足。首先,本研究是一个单中心研究,纳入样本量不足。其次,利用 QCT 测量的只是最能代表全身体成分的单个层面的信息,并不能完全反映整体的体成分。最后,利用 L3-SMA 诊断肌肉减少症的标准并未统一,以往有大样本(2115 例)研究提出 L3-SMI(L3-SMA 除以身高的平方)诊断肌少症的标准为男性 $<52.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$,女性 $38.5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ^[26],得到了一定的认可,但本研究未能分析肌肉减少症与骨量异常的关系。

综上所述,本研究基于 QCT 技术,发现 MHD 患者 BMD 与体成分密切相关,并分析骨量异常的相关危险因素,QCT 体成分分析具有重要的临床意义,尤其是在骨质疏松症的早期发现方面。

参考文献:

- [1] 万建新.维持性血液透析患者骨质疏松的诊治[J].肾脏病与透析肾移植杂志,2020,29(1):42-43.
- [2] 闫东,程晓光.体质成分的研究现状和影像学评估[J].放射学实践,2022,37(10):1197-1199.
- [3] 潘亚玲,陈彤彤,王哈琦,等.定量 CT 分析年龄、腹部脂肪与骨密度的关系[J].中国医学影像学杂志,2020,28(4):276-280.
- [4] 晏乘曦,唐光才,程晓光.肌少症的定量测量现状及研究进展[J].中国骨质疏松杂志,2018,24(6):814-819.
- [5] Adams JE.Quantitative computed tomography[J].Eur J Radiol, 2009,71(3):415-424.
- [6] Cheng X,Zhang Y,Wang C,et al.The optimal anatomic site for a single slice to estimate the total volume of visceral adipose tissue by using the quantitative computed tomography (QCT) in Chinese population[J].European J Clinical Nutrition,2018,72(11):1567-1575.
- [7] 耿楠,孔明,陈煜,等.第三腰椎骨骼肌指数在终末期肝病营养诊断中的应用价值[J].临床肝胆病杂志,2021,37(10):2493-2496.
- [8] 张羽,张宗军,刘许慧,等.胸椎定量 CT 和腰椎双能 X 线吸收检测仪对绝经后女性骨质疏松症的诊断差异[J].放射学实践,2022,37(10):1205-1210.
- [9] Nakagawa Y,Komaba H,Hamano N,et al.Metacarpal bone mineral density by radiographic absorptiometry predicts fracture risk in patients undergoing maintenance hemodialysis[J].Kidney Int, 2020,98(4):970-978.
- [10] Wang S,Tang W,Zhou J,et al.Combination of quantitative computed tomography and blood biochemistry for evaluating the relationship between nutrition and bone mineral density in patients on maintenance hemodialysis[J].J Ren Nutr,2022,32(6):744-750.

- [11] Wang L, Wang W, Xu L, et al. Relation of visceral and subcutaneous adipose tissue to bone mineral density in Chinese women[J]. *Int J Endocrinol*, 2013, 23(6): 1-5.
- [12] Agas D, Lacava G, Sabbieti MG. Bone and bone marrow disruption by endocrine-active substances[J]. *J Cell Physiol*, 2018, 234(1): 192-213.
- [13] Mohammad Rahimi GR, Niyazi A, Alaei S. The effect of exercise training on osteocalcin, adipocytokines, and insulin resistance: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Osteoporos Int*, 2021, 32(2): 213-224.
- [14] 操明, 阮磊, 吴晓芬, 等. 人体成分与骨密度的增龄性相关分析[J]. *实用老年医学*, 2021, 35(10): 1012-1015.
- [15] Binkley N, Krueger D, Buehring B. What's in a name revisited: should osteoporosis and sarcopenia be considered components of "dysmobility syndrome?" [J]. *Osteoporos Int*, 2013, 24(12): 2955-2959.
- [16] Cherif R, Mahjoub F, Sahli H, et al. Clinical and body composition predictors of bone turnover and mineral content in obese postmenopausal women[J]. *Clin Rheumatol*, 2019, 38(3): 739-747.
- [17] Engelke K, Museyko O, Wang L, et al. Quantitative analysis of skeletal muscle by computed tomography imaging-State of the art[J]. *J Orthop Translat*, 2018, 15(3): 91-103.
- [18] Akazawa N, Okawa N, Hino T, et al. Dysphagia is more strongly associated with increased intramuscular adipose tissue of the quadriceps than with loss of muscle mass in older inpatients[J]. *Nutr Res*, 2019, 65(5): 71-78.
- [19] Rahemi H, Nigam N, Wakeling JM. The effect of intramuscular fat on skeletal muscle mechanics: implications for the elderly and obese[J]. *J R Soc Interface*, 2015, 12(109): 1-8.
- [20] Go JH, Song YM, Park JH, et al. Association between serum cholesterol level and bone mineral density at lumbar spine and femur neck in postmenopausal Korean women[J]. *Korean J Fam Med*, 2012, 33(3): 166-173.
- [21] Li GH, Cheung CL, Au PC, et al. Positive effects of low LDL-C and statins on bone mineral density: an integrated epidemiological observation analysis and Mendelian randomization study[J]. *Int J Epidemiol*, 2020, 49(4): 1221-1235.
- [22] Yang Y, Liu G, Zhang Y, et al. Association between bone mineral density, bone turnover markers, and serum cholesterol levels in type 2 diabetes[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2018, 9(1): 646.
- [23] Panahi N, Soltani A, Ghasem-Zadeh A, et al. Associations between the lipid profile and the lumbar spine bone mineral density and trabecular bone score in elderly Iranian individuals participating in the bushehr elderly health program: a population-based study[J]. *Arch Osteoporos*, 2019, 14(1): 52.
- [24] Sit D, Kadiroglu AK, Kayabasi H, et al. Relationship between bone mineral density and biochemical markers of bone turnover in hemodialysis patients[J]. *Adv Ther*, 2007, 24(5): 987-995.
- [25] 路凌, 孟娜娜, 金超群, 等. 维持性血液透析患者骨密度异常相关因素分析[J]. *中国血液净化*, 2015, 14(6): 325-327.
- [26] Prado CM, Lieffers JR, McCargar LJ, et al. Prevalence and clinical implications of sarcopenic obesity in patients with solid tumours of the respiratory and gastrointestinal tracts: a population-based study[J]. *Lancet Oncology*, 2008, 9(7): 629.

(收稿日期: 2022-12-14 修回日期: 2023-04-07)