

◁综述▷

CT 和 MR 体质分析评估血液系统三种常见恶性肿瘤预后的研究进展

张雅欣, 全冠民, 袁 涛

(河北医科大学第二医院影像科, 河北 石家庄 050000)

[摘要] 淋巴瘤、骨髓瘤和白血病是血液系统最常见和重要的恶性肿瘤,近年来已证实病人体质成分是影响这些肿瘤预后的因素之一,因此其体质状态评估具有重要价值。血液系统肿瘤相关体质评估影像学方法包括多种技术,其中 CT 和 MRI 既可提供精确的解剖细节,还能直接量化评估体质成分,包括肌肉、脂肪面积与密度、骨密度,具有可重复、客观等优势。近年来研究证明基于影像评估肌肉、脂肪等体质成分对于预测淋巴瘤、骨髓瘤及白血病治疗反应、生存预后具有肯定价值。本文就 CT 及 MRI 体质成分分析评估上述血液系统三种主要恶性肿瘤生存预后的进展进行综述。

[关键词] 淋巴瘤; 多发性骨髓瘤; 白血病; 体层摄影术, X 线计算机; 磁共振成像

[中图分类号] R733; R814.42; R445.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1008-1062(2024)11-0819-04

DOI:10.12117/jccmi.2024.11.013

Research progress of quantitative CT and MR in assessing the prognosis of three prevalent hematological malignant tumors

ZHANG Ya-xin, QUAN Guan-min, YUAN Tao

(Department of Medical Imaging, the Second Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: The most prevalent and significant malignant tumors of the hematopoietic system include leukemia, lymphoma and myeloma. It has been demonstrated in recent years that the patient's body composition has a significant impact on the prognosis of these tumors. Thus, the evaluation of body composition is crucial in the patient management. Several imaging technologies, including quantitative CT and MRI, could not only provide precise anatomical details, but also directly quantify information of body composition with the advantages of repeatability and objectivity, including muscle, adipose, and bone mineral density. It has been demonstrated that the quantitative parameters of muscle, adipose are of positive value in predicting treatment response and survival prognosis for lymphoma, myeloma and leukemia. The development of body composition analysis using CT and MRI for assessing the prognosis and survival of the three major hematological malignancies mentioned above is reviewed in this paper.

Key words: Lymphoma; Multiple Myeloma; Leukemia; Tomography, X-ray Computed; Magnetic Resonance Imaging

血液系统恶性肿瘤是淋巴系统、骨髓和血液 140 多种恶性肿瘤的统称,其中淋巴瘤、骨髓瘤和白血病为最常见和重要的 3 种肿瘤且严重影响病人生存^[1-2]。这种生存预后不良除了与治疗、肿瘤种类和基因突变类型、年龄等有关外,近年来还发现与体质成分密切相关,包括脂肪、肌肉及骨骼成分^[3-5]。体质成分改变对于血液系统肿瘤的影响与其复杂的内分泌机制有关。血液系统肿瘤时脂肪分泌促炎细胞因子^[6],将髓系细胞募集至肿瘤微环境,抑制机体免疫,从而形成有利于肿瘤生长的环境^[7];白血病激活脂肪代谢相关的去甲基化酶,通过特定细胞信号转导通路增强肿瘤细胞自噬活性^[8]。血液系统肿瘤引起的肌少症可诱导胰岛素样生长因子 1 水平升高,刺激糖酵解,促进肿瘤增殖;且肌少症使 IL-15 释放减少,进而增大感染风险^[9];血液系统肿瘤还可释放肿瘤坏死因子、IL-6、IL-8 等细胞因子降低肌肉质量和再生能力、激活肌肉降解^[10]。另外,血液系统恶性肿瘤时脂肪、肌肉、骨量之间存在复杂多边关系^[11-14];肌少症引起成骨细胞基因表达下调,导致骨量下降;脂肪分泌的炎性因子诱发肌肉功能障碍。血液系统肿瘤

时上述不同体质因素的相互作用说明联合评估多种体质成分的重要性。

当前血液系统肿瘤相关体质成分评估方法包括身体质量指数(BMI)、生物电阻抗分析及影像学,其中 BMI 常用作肥胖评价指标,不能反映特定部位脂肪组织分布;生物电阻抗分析的准确度和特异度较低,测量指标受水合状态、食物摄入和运动干扰^[15]。影像学体质分析是近年来逐渐用于临床研究的方法,包括 CT 和 MR、超声、双能 X 线等,其中 CT 和 MR 在解剖定位的基础上,可直接、精准进行体质成分量化评估,如骨密度、肌肉、脂肪面积及密度、肌肉脂肪浸润程度,具有可重复、客观等优势^[13]。目前研究通过影像学分析脂肪、肌肉等体质成分指标与淋巴瘤、骨髓瘤和白血病生存预后的关系,发现体质成分异常与其预后相关,改善体质成分可能有助于改善预后^[16],因此进一步进行相关性研究分析具有重要临床意义。本文着重讨论血液系统肿瘤体质成分的影像学评估方法及体质成分在血液系统肿瘤治疗反应及生存预后中的作用。

[收稿日期] 2024-02-06;**[修回日期]** 2024-04-24

[作者简介] 张雅欣(1998-),女,河北秦皇岛人,住院医师。E-mail:745638624@qq.com

[通信作者] 袁涛,河北医科大学第二医院影像科,050000。E-mail:yuantao1976@hebmu.edu.cn

1 血液系统肿瘤体质成分 CT 和 MR 评估的检查方法

1.1 MR 脂肪、肌肉、骨髓脂肪定量分析

多回波化学位移编码 MRI 水脂分离技术通过分析脂肪分数图中感兴趣区内 6~7 个脂肪峰强度获得质子密度脂肪分数(PDF),可量化评估脂肪,目前应用定量脂肪的序列包括 GE 的 Ideal IQ 技术、Philips 的 mDixon Quant 技术和 Siemens 的 Liver Lab 技术^[17-18]。MRS 也可通过测定水、脂峰高度、峰底及半峰宽度对脂肪定量分析,指标包括脂肪分数、脂水峰比以及脂水峰线宽,常用的 MRS 包括点解析波谱法和激励回波法^[18]。多回波化学位移编码 MRI 水脂分离技术和 MRS 可评价肝脏、肌肉、骨髓中脂肪含量。肝脏脂肪含量反映肝脏脂肪变性情况;肌肉脂肪含量反映肌肉脂肪浸润程度,代表肌肉质量;骨髓脂肪增加是骨质疏松的间接指标,已证明骨髓 PDF 有助于预测骨密度异常及诊断骨质疏松^[19]。MRI 断面成像测量肌肉体积,直观评估其形态特征及其分布。研究显示 L₃ 水平骨骼肌、颞肌定量评估可识别具有高风险的血液系统肿瘤病人、骨髓 PDF 与临床分期存在相关性,可间接预测生存预后^[3,20],但由于缺乏标准化方案、后处理困难、费用较高,MRI 分析体质成分应用受限。

1.2 定量 CT

常规临床 CT 检查时采用特定体模和软件即可进行多种体质指标测量,无需额外增加辐射剂量。血液系统肿瘤相关定量 CT(QCT)体质成分指标包括:①体积骨密度,QCT 测量任何部位骨骼的骨密度,不受体质量、脊柱退变和钙化影响。②脂肪分布,即皮下脂肪(SAT)及体腔脂肪(VAT),特定层面脂肪面积测量可反映全身脂肪状态^[21]。③肌肉脂肪浸润:测量肌肉及肌内脂肪面积,计算肌肉脂肪浸润程度。

1.3 体质成分评估范围

影像学体质评估范围以解剖学成像为基础,但未检索到明确共识标准。既往研究证明单层腰椎层面骨骼肌和脂肪组织面积均与组织总体积相关,因此,骨密度测量常用 L₁ 或 L₂,脂肪和肌肉评估一般以 L₃ 层面作为体质分析的测量部位^[21-22],骨骼肌测量定义的阈值范围为-29~150 HU,脂肪测量定义的阈值范围为-190~-30 HU^[23]。

2 体质成分与血液系统肿瘤预后相关性研究进展

2.1 淋巴瘤

已进行影像体质分析研究的淋巴瘤亚型包括经典霍奇金淋巴瘤(HL)、原发性中枢神经系统淋巴瘤(PCNSL)、弥漫性大 B 细胞淋巴瘤(DLBCL)、滤泡淋巴瘤、结外鼻型自然杀伤/T 细胞淋巴瘤。

2.1.1 经典 HL

与经典 HL 预后相关的体质指标包括骨骼肌指数(SMI)、肾周脂肪及 SAT。Zilioli 等^[4]研究 154 例经典 HL 病人,于 CT 图像测量 L₃ 水平骨骼肌面积,身高归一化得到 SMI,根据研究人群受试者操作曲线分析确定 SMI 阈值显示男性肌少症者无进展生存期(PFS)和总生存期(OS)明显较短($P=0.008$; $P=0.042$)。肌少症影响预后的途径可能是:骨骼肌肌肉量伴核糖体减少,使绝对蛋白质合成率降低^[9]。脂肪影像定量指标也与经典 HL 生存预后相关,如 Lucijanic 等^[5]研究

82 例显示肾周脂肪较厚、SAT 较薄与 OS 较短相关,SAT 较薄与 PFS 较短相关,提示肾周脂肪较厚、SAT 较薄预示其生存预后不良。但目前类似研究较少,且尚未见到与本病相关的其他体质因素如骨密度、骨髓成分预测价值的探讨。

2.1.2 PCNSL

目前与 PCNSL 相关的影像学体质研究主要集中于肌肉和脂肪,大部分研究证明肌肉相关定量指标值有助于预测 PCNSL 的不良生存预后与肿瘤缓解。如 Leone 等^[3]研究 43 例 PCNSL,在腹部 CT 和脑高分辨率 3D-T₁WI 图像上测量 L₃ 水平肌肉面积和颞肌厚度,显示 L₃ 水平 SMI 较低或颞肌较薄与不良 PFS 和 OS 相关。Surov 等^[24]分析 61 例 PCNSL 肌肉及脂肪指标与治疗客观缓解率关系的研究显示 SMI 较低与客观缓解率较低相关,而 VAT 面积、VAT/SAT 则无关。但少量研究结论不同,如 Ferraro 等^[25]探讨 72 例 PCNSL 研究并未发现骨骼肌面积、骨骼肌密度(SMD)、SMI 及 SMG 影响 OS 和 PFS。上述研究结果不一致的原因可能是:①Ferraro 等^[25]的研究病例中位年龄为 67.5 岁,而 Leone 等^[3]为 61 岁;而年龄较大可能导致不能耐受强化治疗^[26];②Ferraro 等的病例中 51.4% 为肌少症,而 Leone 等的病例仅 30.2% 为肌少症,可能对研究结果产生一定影响。以上研究由于采用指标及终点事件不同,结果存在差异,且大部分为相关性研究。目前未见明确测量指标与 PCNSL 预后因果关系的研究发表,尚需进一步进行大样本研究确定肌肉和脂肪体质指标对于 PCNSL 预后评估价值。

2.1.3 DLBCL

与 DLBCL 相关的体质因素研究涉及肌肉和脂肪影像定量,初步研究显示肌肉及脂肪相关指标与 DLBCL 预后有关。如 Guo 等^[14]研究 201 例 DLBCL 身体成分定量 CT 指标的预后价值,SMG、SMD、SMI 和去脂体质量等指标低于阈值者 PFS 和 OS 较短,SMG 较低是 OS 和 PFS 不良的独立预测因素。Besutti 等^[12]与 Guo 等研究结果类似,QCT 的 SMD 较低与终止治疗过早、OS 较短有关;大腿近端肌间脂肪含量较高则提示 OS 和 PFS 较短。SMD 降低与肌肉力量和功能下降有关,其中大腿肌肉质量效能最佳。但 Pénichoux 等^[27]对 95 例 DLBCL 研究结论不同,其 QCT 所得 L₃ 水平 SMI 较低与营养和炎症状态有关,但并非 PFS 和 OS 的独立预测因素,其原因可能是:①Pénichoux 等^[27]研究病人年龄较大,平均 78.4 岁,而年龄较大者肌少症发生率较高;②Pénichoux 等研究以 SMI 指标代表肌肉的量,而前两组^[11-12]研究则以 SMG、SMD 指标反映肌肉质量,指标不同可能造成结论差异。但 DLBCL 预后相关的肌肉体质指标研究不仅包括肌肉量,还有肌肉质量,未来可联合两类指标评估肌肉状态。肌少症影响 DLBCL 预后的可能机制是:肌肉蛋白质分解导致氨基酸进入血液中,氨基酸被肿瘤吸收,促进肿瘤生长^[9]。

脂肪相关体质影像指标预测 DLBCL 生存预后的效能类似于肌肉。如 Pénichoux 等^[27]对 95 例 DLBCL 的研究,CT 上测量 L₃ 水平 VAT,多因素分析显示 VAT 指数较低者 OS 较长。而 Shen 等^[28]对 129 例 DLBCL 病人 QCT 研究显示, L₃ 水平 VAT 面积较大与 OS 较短有关,二者差异的原因可能是:①研究指标不同。Pénichoux 等^[27]采用归一化 VAT 指数,而 Shen 等^[28]则直接采用 VAT 面积;②阈值不同。Pénichoux 等^[27]研究

女性阈值为 $43.5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, 男性为 $50.4 \text{ cm}^2/\text{m}^2$, Shen 等^[28]阈值为 114.7 cm^2 。上述研究采用 VAT 指标, 而其他研究还显示 SAT 及肾周脂肪与 DLBCL 生存预后有关。如 Lucijanic 等^[29]对 118 例 DLBCL 病人的研究, 基线和治疗结束时在 QCT 研究显示 SAT 减少 $\geq 6\%$ 者 OS 较短, 基线 SAT 厚度 $\leq 24 \text{ mm}$ 与肾周最小脂肪厚度 $\leq 8 \text{ mm}$ 是 PFS 独立预测指标。上述研究提示, 不同部位脂肪可能对生存预后影响程度不一, 但以上研究样本量较小, 且关于肌少症、肥胖、脂肪减少的阈值缺乏统一标准, 需要进一步行多中心、大样本的前瞻性研究。

2.1.4 滤泡淋巴瘤与结外鼻型自然杀伤/T 细胞淋巴瘤

目前研究显示, 肌肉影像定量指标与滤泡性淋巴瘤和结外鼻型自然杀伤/T 细胞淋巴瘤预后相关。如 Chu 等^[30]回顾分析 145 例滤泡性淋巴瘤, QCT 测量 L_3 水平归一化 SMI, 多变量分析显示, SMD 较低者 OS 和 PFS 较短, 而 SMD 较高者客观缓解率较高 ($P=0.01$), 但 SMI 与 OS 及 PFS 无相关性。SMD 反映病理上肌肉内和/或肌肉间脂肪浸润程度, 脂肪浸润降低胰岛素敏感性, 蛋白质合成减少并导致肌纤维收缩受损, 最终损害肌肉功能^[31]。Xu 等^[32]对 112 例结外鼻型自然杀伤/T 细胞淋巴瘤病人研究中, 测量 T_2W 图像上咀嚼肌指数, $<5.5 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 为肌少症, 多因素分析显示肌少症是预测 OS、PFS 和客观缓解率的独立相关因素, 提示基于咀嚼肌指数定义的肌少症是一种临床预后和疗效的新型预测指标, 并可能有助于风险分层和治疗决策。但类似研究较少, 未来仍需进一步验证影像体质指标对滤泡性淋巴瘤和结外鼻型自然杀伤/T 细胞淋巴瘤预后的评估价值。

2.2 多发性骨髓瘤(MM)

影像体质分析中的脂肪相关指标与 MM 生存预后有关, 而肌少症的价值尚无定论。

2.2.1 肌肉

当前 CT 和 MRI 定量分析未明确肌少症与 MM 预后之间的关系。如 Nandakumar 等^[33]观察 322 例 MM, 在 L_3 水平进行 QCT 分析, 显示 SMI 较低者中位 OS 较短、2 年死亡率较高, 认为肌少症是 MM 病人不良 OS 预测因子。而 Surov 等^[34]的 123 例接受干细胞移植 MM 研究结论不同, 认为肌少症与 OS 无关。Tagliafico 等^[35]的 74 例接受干细胞移植 MM 研究结论与 Surov 等类似。以上研究结论不一致的原因可能是治疗方案不尽相同, Nandakumar 中病人的治疗方案无明确纳入和排除标准, 而 Surov 及 Tagliafico 的病人全部接受干细胞移植, 倾向于干细胞移植的 MM 者肌少症发生率较低, 上述三项研究肌少症比例分别为 53.1%、32.5% 及 24.3%, 导致影像学所见肌少症和非肌少症者之间的预后差异不明显。因此, 不同治疗方案下肌肉体质指标对 MM 预后的影响尚需进一步研究。

2.2.2 脂肪

脂肪定量影像指标与 MM 预后相关。Jo 等^[20]分析 87 例 MM 的 MRI 指标对预后影响, 发现不同期别 MM 的 PDFF 差异显著, III 期者 PDFF 较低。da Cunha 等^[36]的 91 例 MM 病人 QCT 体质分析结果类似, SAT 密度较高者无事件生存时间和 OS 均较短, 其病理机制是 SAT 密度与促炎细胞因子增加以及瘦素下降显著相关, 因此, SAT 预测 MM 病人相关代谢和炎症环境具有一定参考价值。

另外, 上述研究仅考察肌肉及脂肪因素, 未涉及骨密度等, 而 MM 病人骨髓瘤细胞分泌骨细胞活性因子而激活破骨细胞, 常早期即出现骨质溶解、破坏, 因此有必要进一步探讨骨成分与 MM 病人预后的关系。

2.3 急性白血病

多项研究提示肌少症和脂肪减少是急性白血病不良 OS 的预测指标。如 Nakamura 等^[37]研究的 91 例急性髓系白血病显示肌少症为 OS 较短的危险因素 ($P<0.05$), 提示肌少症和脂肪减少可作为急性髓系白血病患预后评估的指标。Nagayama 等^[38]研究 172 例异基因造血干细胞移植治疗急性白血病病人的结果与 Nakamura 等类似, 与高肌量组比, 低肌量组 OS 较短 ($P=0.06$)。以上两项研究病人的白血病亚型不同, Nakamura 等纳入急性髓系白血病; 而 Nagayama 等的研究则包括白血病多种亚型, 如急性髓系白血病、急性淋巴细胞白血病、急性未分化白血病和混合表型急性白血病, 且两者研究的治疗方式不同, 可能影响研究结论。未来尚需收集多中心研究进一步扩大样本资料, 区分不同亚型, 以确定体质成分变化对急性白血病预后评估的影响。

3 小结与展望

血液系统肿瘤损害和干扰机体基本物质代谢, 并由此影响治疗反应和生存预后。多种影像学方法已用于评估淋巴瘤、MM 及白血病的体质异常, 初步研究显示肌肉、脂肪等体质指标有助于预测生存预后。但目前血液系统肿瘤的影像学体质分析研究尚处于起步阶段, 仅限于几种常见肿瘤, 且缺乏与正常人群的对照; 研究部位主要为四肢、体壁肌肉和体腔脂肪, 未涉及实质脏器成分分析, 缺乏肝脂肪、骨密度、骨髓成分分析; 且研究指标缺乏统一阈值。另外, 当前相关研究大多限于单中心, 样本量较少, 缺乏多中心及外部验证、未涉及治疗前后或不同治疗方案的对比分析。未来体质成分研究应增加体质成分指标, 特别是骨量指标, 确定标准化阈值、开展多中心合作、增加外部验证、关注治疗前后体质成分变化, 以便助力血液系统肿瘤病人风险分层、治疗方案选择, 及时干预管理、改善病人预后。

[参考文献]

- [1]Geng J, Zhao J, Fan R, et al. Global, regional, and national burden and quality of care of multiple myeloma, 1990–2019 [J]. J Glob Health, 2024, 14: 04033.
- [2]郑荣寿, 张思维, 孙可欣, 等. 2016 年中国恶性肿瘤流行情况分析 [J]. 中华肿瘤杂志, 2023, 45(3): 212–220.
- [3]Leone R, Sferruzza G, Calimeri T, et al. Quantitative muscle mass biomarkers are independent prognosis factors in primary central nervous system lymphoma: The role of L_3 -skeletal muscle index and temporal muscle thickness [J]. Eur J Radiol, 2021, 143: 109945.
- [4]Zilioli VR, Albano D, Arcari A, et al. Clinical and prognostic role of sarcopenia in elderly patients with classical Hodgkin lymphoma: a multicentre experience [J]. J Cachex Sarcop Muscle, 2021, 12(4): 1042–1055.
- [5]Lucijanic M, Huzjan KR, Ivic M, et al. Perirenal and subcutaneous fat differently affect outcomes in newly diagnosed classical Hodgkin lymphoma patients [J]. Hematol Oncol, 2021, 39(4): 575–

- 579.
- [6]Hotamisligil GS. Inflammation, metaflammation and immunometabolic disorders[J]. *Nature*, 2017, 542(7640): 177–185.
- [7]Mecca M, Picerno S, Cortellino S. The Killer's web: Interconnection between inflammation, epigenetics and nutrition in cancer [J]. *Int J Mol Sci*, 2024, 25(5): 2750.
- [8]Huang J, Sun M, Tao Y, et al. Cytoplasmic expression of TP53INP2 modulated by demethylase FTO and mutant NPM1 promotes autophagy in leukemia cells[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(2): 1624.
- [9]Looijaard SMLM, Te Lintel Hekkert ML, Wüst RCI, et al. Pathophysiological mechanisms explaining poor clinical outcome of older cancer patients with low skeletal muscle mass [J]. *Acta Physiol(Oxf)*, 2021, 231(1): e13516.
- [10]Armstrong VS, Fitzgerald LW, Bathe OF. Cancer-associated muscle wasting-candidate mechanisms and molecular pathways[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(23): 9268.
- [11]Guo J, Cai P, Li P, et al. Body composition as a predictor of toxicity and prognosis in patients with diffuse large B-cell lymphoma receiving R-CHOP immunochemotherapy [J]. *Cur Oncol*, 2021, 28(2): 1325–1337.
- [12]Besutti G, Massaro F, Bonelli E, et al. Prognostic impact of muscle quantity and quality and fat distribution in diffuse large B-cell lymphoma patients[J]. *Front Nutr*, 2021, 8: 620696.
- [13]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.
- [14]Cao X, He L, Sun R, et al. Gender-specific associations between abdominal adipose mass and bone mineral density in the middle-aged US population[J]. *BMC Musculoskelet Disord*, 2023, 24(1): 715.
- [15]Lara-Pompa NE, Macdonald S, Fawbert K, et al. Measuring body composition in pediatric patients with complex diagnoses: Acceptability, practicality, and validation of different techniques [J]. *Nutr Clin Pract*, 2023, 39(3): 673–684.
- [16]Papadopetraki A, Giannopoulos A, Maridaki M, et al. The role of exercise in cancer-related sarcopenia and sarcopenic obesity [J]. *Cancers(Basel)*, 2023, 15(24): 5856.
- [17]Guo Z, Blake GM, Li K, et al. Liver fat content measurement with quantitative CT validated against MRI proton density fat fraction: A prospective study of 400 healthy volunteers[J]. *Radiology*, 2020, 294(1): 89–97.
- [18]马梦园,王金洋,李小犇,等. 磁共振脂肪量化的研究进展及应用[J]. *磁共振成像*, 2023, 14(7): 197–202.
- [19]宋宇,宋清伟,张楠,等. 不同场强下磁共振 IDEAL-IQ 技术对腰椎椎体脂肪含量定量对比分析 [J]. *中国临床医学影像杂志*, 2019, 30(9): 656–659.
- [20]Jo A, Jung JY, Lee SY, et al. Prognosis prediction in initially diagnosed multiple myeloma patients using intravoxel incoherent motion-diffusion weighted imaging and multiecho dixon imaging [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2020, 53(2): 491–501.
- [21]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]. *Eur J Clin Nutr*, 2018, 72(11): 1567–1575.
- [22]Schweitzer L, Geisler C, Pourhassan M, et al. What is the best reference site for a single MRI slice to assess whole-body skeletal muscle and adipose tissue volumes in healthy adults[J]? *Am J Clin Nutr*, 2015, 102(1): 58–65.
- [23]Albano D, Messina C, Vitale J, et al. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(4): 2199–2208.
- [24]Surov A, Meyer HJ, Hinnerichs M, et al. CT-defined sarcopenia predicts treatment response in primary central nervous system lymphomas[J]. *Eur Radiol*, 2023, 34(2): 790–796.
- [25]Ferraro V, Thormann M, Hinnerichs M, et al. Sarcopenia does not predict outcome in patients with CNS lymphoma undergoing systemic therapy[J]. *Oncol Lett*, 2022, 24(4): 355.
- [26]Bailey O, Talianky A, Glik A, et al. A phase 2 study of ibrutinib maintenance following first-line high-dose methotrexate-based chemotherapy for elderly patients with primary central nervous system lymphoma[J]. *Cancer*, 2023, 129(24): 3905–3914.
- [27]Pénichoux J, Lanic H, Thill C, et al. Prognostic relevance of sarcopenia, geriatric, and nutritional assessments in older patients with diffuse large B-cell lymphoma: results of a multicentric prospective cohort study [J]. *Ann Hematol*, 2023, 102(7): 1811–1823.
- [28]Shen Z, Hu L, Zhang S, et al. Visceral fat area and albumin based nutrition-related prognostic index model could better stratify the prognosis of diffuse large B-cell lymphoma in rituximab era[J]. *Front Nutr*, 2022, 9: 981433.
- [29]Lucijanic M, Huzjan KR, Sedinic M, et al. Baseline and progressive adipopenia in newly diagnosed patients with diffuse large B-cell lymphoma with unfavorable features are associated with worse clinical outcomes [J]. *Leuk Lymph*, 2022, 63(7): 1556–1565.
- [30]Chu MP, Lieffers J, Ghosh S, et al. Skeletal muscle radio-density is an independent predictor of response and outcomes in follicular lymphoma treated with chemoimmunotherapy [J]. *PLoS One*, 2015, 10(6): e0127589.
- [31]Park SS, Seo YK. Excess accumulation of lipid impairs insulin sensitivity in skeletal muscle [J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(6): 1949.
- [32]Xu T, Li Y, Liu Y, et al. Clinical and prognostic role of sarcopenia based on masticatory muscle index on MR images in patients with extranodal natural killer/T cell lymphoma, nasal type[J]. *Ann Hematol*, 2023, 102(12): 3521–3532.
- [33]Nandakumar B, Baffour F, Abdallah NH, et al. Sarcopenia identified by computed tomography imaging using a deep learning-based segmentation approach impacts survival in patients with newly diagnosed multiple myeloma[J]. *Cancer*, 2022, 129(3): 385–392.
- [34]Surov A, Benkert F, Pnisch W, et al. CT-defined body composition as a prognostic factor in multiple myeloma[J]. *Hematology*, 2023, 28(1): 2191075.
- [35]Tagliafico AS, Rossi F, Bignotti B, et al. CT-derived relationship between low relative muscle mass and bone damage in patients with multiple myeloma undergoing stem cells transplantation[J]. *Br J Radiol*, 2022, 95: 20210923.
- [36]da Cunha AD, Silveira MN, Takahashi MES, et al. Adipose tissue radiodensity: A new prognostic biomarker in people with multiple myeloma[J]. *Nutrition*, 2021, 86: 111141.
- [37]Nakamura N, Ninomiya S, Matsumoto T, et al. Prognostic impact of skeletal muscle assessed by computed tomography in patients with acute myeloid leukemia[J]. *Ann Hematol*, 2018, 98(2): 351–359.
- [38]Nagayama T, Fujiwara S, Kikuchi T, et al. Impact of muscle mass loss assessed by computed tomography on the outcome of allogeneic stem cell transplantation[J]. *Leuk Lymph*, 2022, 63(7): 1694–1700.