



# CT 理论与应用研究

Computerized Tomography Theory and Applications

## 类风湿关节炎相关肌少症的影像学研究进展

王晓波, 鄂林宁

### Imaging of Sarcopenia in Rheumatoid Arthritis: State of the Art

WANG Xiaobo and E Linning

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2023.168>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 双源CT双能量成像在痛风性关节炎诊断中的价值

The Value of Dual-source CT Dual-energy Imaging in the Diagnosis of Gouty Arthritis  
CT理论与应用研究. 2018, 27(2): 171-177

#### 胰腺神经内分泌肿瘤的影像学诊断及研究进展

Imaging Diagnosis and Research Progress of Pancreatic Neuroendocrine Tumors  
CT理论与应用研究. 2021, 30(5): 653-659

#### 慢性胰腺炎的影像检查方法及诊断进展

Advances in Imaging Methods and Diagnosis of Chronic Pancreatitis  
CT理论与应用研究. 2018, 27(2): 269-280

#### 中央型肺癌放化疗疗效影像学评价研究进展

The Research Progress in Imaging Evaluation of Efficacy of Radiotherapy and Chemotherapy for Central Lung Cancer  
CT理论与应用研究. 2018, 27(6): 805-812

#### CT和MRI对急性胰腺炎局部并发症的诊断价值研究

Study of Diagnostic Value of CT and MRI for Local Complications in Acute Pancreatitis  
CT理论与应用研究. 2018, 27(3): 393-400

#### SAPHO综合征骶髂关节病变的CT表现

The CT Manifestations of SAPHO Syndrome with Sacroiliac Joint Involvement  
CT理论与应用研究. 2020, 29(3): 355-360



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

王晓波, 鄂林宁. 类风湿关节炎相关肌少症的影像学研究进展[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(2): 235-242. DOI:10.15953/j.ctta.2023.168.

WANG X B, E L N. Imaging of Sarcopenia in Rheumatoid Arthritis: State of the Art[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(2): 235-242. DOI:10.15953/j.ctta.2023.168. (in Chinese).

# 类风湿关节炎相关肌少症的影像学研究进展

王晓波<sup>1</sup>, 鄂林宁<sup>2✉</sup>

1. 山西医科大学医学影像学院, 太原 030001

2. 山西白求恩医院 (山西医学科学院) 放射科, 太原 030032

**摘要:** 类风湿关节炎 (RA) 早期便可并发肌少症, 肌少症可增加 RA 患者骨质疏松、骨折等疾病的风险。RA 患者处于活动期时, 力量和功能的评估受限于关节活动, 因此对肌肉量及肌肉质量的评估尤为重要。影像学检查技术可定量评估 RA 患者的肌肉量及肌肉质量, 是诊断 RA 相关肌少症的重要手段。本文旨在对各种影像学技术在 RA 相关肌少症中的研究进展进行总结。

**关键词:** 影像学技术; 类风湿关节炎; 肌少症

DOI:10.15953/j.ctta.2023.168 中图分类号: R 814; R 445 文献标识码: A

类风湿关节炎 (rheumatoid arthritis, RA) 是一种以侵蚀性关节炎为主要临床表现的自身免疫性疾病<sup>[1]</sup>。我国 RA 的患病率为 0.42%, 患者总数约为 500 万, 男女比例约为 1:4<sup>[2]</sup>。肌肉减少症是 RA 的常见并发症, 发病率约 10.1%~45.1%<sup>[3]</sup>。肌肉减少症又称“肌少症”, 1989 年由 Rosenberg 首次定义为与年龄相关的肌肉量和功能的损失<sup>[4]</sup>。RA 并发肌少症增加了患者骨质疏松、跌倒、骨折以及血管内皮功能障碍和心血管疾病的风险<sup>[5-7]</sup>, 因此早期诊断 RA 相关肌少症具有重要的临床意义。

目前, 肌少症的影像学评估手段有双能 X 线吸收测定法 (dual energy X-ray absorptiometry, DXA)、计算机断层扫描 (computed tomography, CT)、磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI)、超声 (ultrasound, US) 等。

本文将对类风湿关节炎并发肌少症的影像学研究进展进行综述。

## 1 RA 相关肌少症的定义及评估意义

### 1.1 肌少症及 RA 相关肌少症

2019 年, 欧洲老年人肌肉减少症工作组将肌少症更新为与年龄相关的肌肉力量、肌肉量和肌肉质量以及功能 3 方面的减退<sup>[8]</sup>。目前对肌肉质量的定义存在争议, 欧洲老年人肌肉减少症工作组对肌肉质量的评估主要包括骨骼肌脂肪浸润<sup>[8]</sup>。而美国国家老龄化研究所的跨学科研讨会认为这种骨骼肌脂肪浸润是骨骼肌缺陷中的一种独立疾病<sup>[9]</sup>, 并认为骨骼肌脂肪浸润包括 3 个组成部分: ① 肌细胞内脂质; ② 肌内脂肪组织; ③ 肌间脂肪组织。

肌少症可继发于多种疾病, 与营养不良、癌症等所导致的肌肉减少不同, RA 患者常同时出现肌肉量的减少和肌肉脂肪组织的增加或稳定, 而不伴有体重的明显减轻, 一些研究将其定义为类风湿恶病质<sup>[10]</sup>。

### 1.2 RA 相关肌少症的评估的意义

RA 在早期阶段便可并发肌少症<sup>[11]</sup>, RA 并发肌少症可增加患者骨质疏松、跌倒、骨折以及血管内皮功能障碍和心血管疾病的风险<sup>[5-7]</sup>, 并使 RA 患者更容易合并其他疾病, 如肥胖、血脂异常、糖尿

收稿日期: 2023-08-30。

基金项目: 山西省医学重点科研项目 (基于深度学习算法的间质性肺病评估模型开发 (2022XM42))。

病、慢性阻塞性肺病和乙型肝炎等<sup>[12]</sup>。

在最近的一项荟萃分析中, RA 相关肌少症还可能与较高的疾病活动度有关<sup>[13]</sup>。因此对 RA 相关肌少症早期诊断及干涉可能有助于缓减 RA 疾病进展以改善患者的生活质量。与临床其他评估肌少症方法(如握力、4 分钟步行速度、生物电阻抗等)相比, 影像学检查技术具有客观性强、重复性高的优点, 是临床定量评估肌肉量和肌肉质量的重要手段。

## 2 RA 相关肌少症的影像学评估方法

### 2.1 双能 X 线吸收测定法

DXA 因其快速、成本低以及辐射剂量低的优点成为评估肌少症最常用的影像学手段。DXA 基于两束不同能量的 X 射线来定量评估全身或四肢的肌肉量, 常用的测量指标为四肢瘦体重以及通过身高、体重或体重指数调整后的四肢瘦体重指数。

DXA 能够评估 RA 相关的肌少症、肥胖症以及骨质疏松。在一项 DXA 评价 RA 身体成分的荟萃分析<sup>[11]</sup>中, RA 患者瘦体重低于健康组, 而肥胖发生率高于健康组。尽管 RA 合并肌少症与 RA 患者跌倒、骨折、骨质疏松等密切相关<sup>[5-6]</sup>, 但肌肉减少症定义和结果联盟<sup>[14]</sup>却认为 DXA 瘦体重的相关测量值不能很好地预测肌少症患者活动受限情况以及跌倒、髌部骨折和死亡的发生率。

DXA 不能直接测得肌肉量, 它只是对所有非脂肪及非骨组织的估计, 因此其测量的准确性受患者体内水分变化的影响, 此外, DXA 难以对肌肉质量进行评估, 并且难以准确测定躯干肌肉。

### 2.2 计算机断层扫描

CT 被认为是无创评估肌肉量及肌肉质量的金标准<sup>[8]</sup>。CT 定量评估肌肉量的常用指标包括骨骼肌横截面积以及经过身高、体重等调整得到的骨骼肌指数<sup>[15]</sup>。CT 定量评估肌肉脂肪浸润主要包括两个方面: 一是直接测量肌间脂肪组织, 二是通过骨骼肌密度间接评估骨骼肌脂肪浸润, 包括肌内脂肪组织和肌细胞内脂质<sup>[16]</sup>。然而, CT 无法准确区分肌间脂肪组织和肌内脂肪组织<sup>[9]</sup>。

#### 2.2.1 常规 CT 和双能 CT

CT 诊断肌少症的解剖部位尚未统一。腰 3 椎体层面骨骼肌指数是评估肌少症最常用的诊断指标<sup>[8]</sup>。腰大肌、竖脊肌等单块肌肉也可用于肌少症评估。在 RA 相关肌少症的研究中, 腿部层面的应用更为广泛。Khoja 等<sup>[16]</sup>对 RA 患者大腿中部层面的肌肉脂肪浸润进行了两项横断面研究: 在第一项研究中, 与成年对照组相比, RA 患者骨骼肌密度更低, 而肌间脂肪组织没有差异, 结果表明骨骼肌密度比肌间脂肪组织对肌肉脂肪浸润的评估更有意义, 这与其他疾病相关的肌少症得到的结果类似; 在第二项研究中, RA 患者的骨骼肌横截面积、骨骼肌密度、肌间脂肪组织与老年对照组没有差异, 作者推测 RA 患者肌肉脂肪浸润模式可能类似于衰老过程。已有研究证实胸 12 椎体层面骨骼肌指数可代替腰 3 椎体层面骨骼肌指数来评估全身肌肉量的减少<sup>[17]</sup>。实际临床工作中 RA 患者常合并间质肺等肺部疾病, 因此确定胸部层面的肌少症的诊断指标有望一站式评估 RA 患者肺部病变和肌少症。

双能 CT (dual-energy CT, DECT) 能够利用两种不同能量的 X 线对同一体素的不同物质进行分离。虚拟平扫技术是一种基于双能量 CT 成像系统的图像后处理技术, 利用 CT 增强图像生成虚拟平扫图像, 具有优化扫描流程、降低辐射剂量的优势。有研究<sup>[18]</sup>在腹部增强扫描中发现, DECT 在腰 3 椎体层面测得的脂肪分数、虚拟平扫图像的 CT 值和 MRI 脂肪分数具有高度相关性 ( $r = 0.91$ )。因此通过 DECT 量化骨骼肌内脂肪浸润是一个新的研究方向。

#### 2.2.2 外周定量 CT

外周定量计算机断层扫描 (peripheral quantitative CT, pQCT) 运用较小的扫描仪器、较短的扫描时间及较低的辐射剂量来定量分析外周肢体的身体成分。在一项小样本研究中<sup>[19]</sup>, pQCT 测得的 RA 患者小腿上 1/3 层面的肌间脂肪组织与内脏脂肪 (代谢活性脂肪) 相关, 即肌间脂肪组织可预测

内脏脂肪导致的 RA 相关肌少症患者心血管疾病的发生。Roos 等<sup>[20]</sup>对 54 例绝经后 RA 妇女大腿下 1/3 和前臂上 1/3 层面进行横断面研究,发现 RA 患者大腿骨质与肌肉面积之比增加,而前臂骨质与肌肉面积比没有差异,结果表明 RA 相关肌少症的肌肉萎缩存在部位差异,并且作者认为肌肉骨骼强度指数(即骨质肌肉面积比)是诊断肌少症的重要指标。

与 pQCT 相比,高分辨率 pQCT 具有高信噪比和空间分辨率、扫描速度更快、辐射剂量更低的优势。高分辨 pQCT 已用于老年相关肌少症肌肉脂肪浸润的研究中<sup>[21]</sup>。然而,两者均缺少统一的图像采集和分析的标准。

## 2.3 磁共振成像

与 CT 相同,MR 也被认为是无创评估肌少症的金标准<sup>[8]</sup>。MRI 具有无辐射、多参数和软组织分辨率高的优势,不仅可以评估肌肉量和肌肉脂肪浸润,还可以评估肌肉损伤、水肿、纤维化等。

### 2.3.1 磁共振波谱成像

磁共振波谱(MR spectroscopy, MRS)是目前能够进行活体组织内化学物质无创性检测的唯一方法。<sup>1</sup>H MRS 可以通过测定活体脂峰及水峰下面积等参数对脂肪进行定量分析。<sup>31</sup>P MRS 可评估高能磷酸盐代谢物间接反应肌细胞的能量代谢水平,有研究<sup>[22]</sup>表明衰老相关的肌少症患者肌肉中的主要磷脂成分(如磷脂酰胆碱、磷脂酰乙醇胺和磷脂酰甘油)升高,并且与肌肉量成反比,这可能与肌细胞磷脂膜破坏有关。<sup>13</sup>C MRS 已经用于测定健康人肌细胞内的糖原含量<sup>[23]</sup>。

常规使用的单体素 MRS 扫描范围有限,不足以代表其他肌肉变化情况,而多体素 MRS 可以改善这一不足,但其谱线质量容易受到磁场不均匀性的影响。

### 2.3.2 水-脂分离技术

MRI 有多种技术对肌肉脂肪浸润进行评估,其中水-脂分离技术(即 Dixon 技术)是目前最常用的定量测定脂肪的方法。Friedberger 等<sup>[24]</sup>使用 Dixon 技术对 92 例 RA 患者的手部肌肉进行研究,研究发现 RA 男性患者手部肌肉减少较其他疾病(如银屑病关节炎)更容易发生,而与年龄无关,并且初步表明手部相对肌肉脂肪含量(肌肉脂肪含量/肌肉体积)与相对肌肉体积(肌肉体积/手体积)呈负相关。

与 <sup>1</sup>H MRS 扫描相比,Dixon 技术可以提供较大扫描范围内的脂肪分布图,能够评估肌肉脂肪浸润的不均匀性。

### 2.3.3 扩散张量成像

扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)是扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)最常用的高阶扩散模型。DTI 可以对肌纤维进行示踪并评估肌纤维结构的微观变化,常用指标有分数各向异性和平均扩散率。Farrow 等<sup>[10]</sup>对不同阶段 RA 患者(新发组、活动组、缓减组)的大腿肌肉进行评估,结果表明与健康组相比,3 组 RA 患者大腿肌肉平均扩散率没有差异,平均扩散率的不敏感性可能是由水肿和脂肪对扩散的相反作用所导致的。

DTI 缺点是只能识别高斯分布的水分子。近年来,其他 DWI 高阶扩散模型,如扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)可以识别非高斯分布的水分子,能够提供更多的肌肉信息。有研究<sup>[25]</sup>使用 DKI、DTI 等序列评估了皮炎和肌肉营养不良的大腿肌肉,结果发现两组之间的平均峰度值比分数各向异性值具有更明显的差异。

### 2.3.4 磁共振弹性成像

磁共振弹性成像(magnetic resonance elastography, MRE)通过评估肌肉组织内的机械波传播特征(振动波长和振幅)间接反映肌肉中脂肪和纤维组织等非收缩性成分。Kennedy 等<sup>[26]</sup>在老年相关肌少症中的研究表明大腿肌肉刚度与 Dixon 测得的脂肪分数呈负相关,即肌肉脂肪浸润可能会导致

肌肉整体刚度的降低。MRE 的缺点是易受肌张力和肌肉组织的各向异性的影响。

MRI 虽存在成本高、禁忌症多、扫描和后处理时间长,且缺乏标准化的成像方案和测定指标的缺点,但其仍是评估肌少症最先进、最有前景的技术。并且,与 CT 相比,MRI 序列能更好的区分肌间脂肪组织和肌内脂肪组织。

最近,一些新兴的 MRI 技术已用于肌肉研究中,如  $^{23}\text{Na}$  MRI 及  $^{39}\text{K}$  MRI 成像技术、血氧水平依赖成像技术、化学交换饱和转移技术、超短回波时间序列技术等,然而,这些技术对软组织分辨率及空间分辨率较低,在临床中 MRI 诊断肌少症仍然依靠 T1 和 T2 加权序列来获得较为清晰的解剖图像来评估肌肉量、肌肉脂肪含量。

## 2.4 超声

超声因其便携、快速、禁忌症少、无辐射的优点常用于肌少症的初筛。欧洲老年医学会肌少症工作组在 2018 年确定了 5 个评估肌少症的超声指标,包括肌肉厚度、横截面积、肌束长度、羽状角及回声强度<sup>[27]</sup>。2021 年提出了标准化的测量点,并且补充了另外 4 个潜在参数:肌肉体积、肌肉弹性、肌肉收缩潜力和肌肉微循环<sup>[28]</sup>,其中,肌肉厚度、横截面积、肌肉体积用于评估肌肉量,其他参数用于评估肌肉质量。股直肌是目前超声评估肌少症最常用的解剖位点<sup>[29]</sup>。

Barbosa 等<sup>[30]</sup>基于上臂下 1/3 和大腿中部的肌肉厚度等参数值,开发了与 DXA 测得的四肢瘦体重有良好的一致性( $r^2 = 0.90$ )的肌肉体积预测方程式。剪切波弹性成像技术可通过测量肌肉剪切波速度来评估肌肉弹性,即肌肉可变性和压缩之间的关系<sup>[31]</sup>。有研究<sup>[32]</sup>使用肌肉静息时横截面积与最大收缩时横截面积之比来代表肌肉收缩力。超声造影可用于评估骨骼肌微循环<sup>[33]</sup>。此外,部分研究使用声速超声来区分肌肉内的脂肪组织,Ruby 等<sup>[34]</sup>分别对 35 名女性健康成人进行声速超声检查,研究发现测得的声速值与 MRI Dixon 测得的总脂肪呈高度相关,与肌内脂肪呈中度相关,因此该技术有望用于实际临床工作中。

超声的缺陷主要是测量值常受患者检查体位、肌肉收缩状态及操作者探头位置、压力、倾斜角等影响,而且部分指标的临界点尚不明确。

## 2.5 PET/CT 及 MRI/PET

正电子发射型断层扫描(positron emission tomography, PET)是一种代谢成像技术,MRI/PET、PET/CT 成像结合了 CT、MRI 的结构、功能信息和 PET 分子信息,两者在癌性及炎性肌病中研究较多,但在 RA 相关肌少症中尚未应用。

有研究<sup>[35]</sup>使用  $^{18}\text{F}$ -FDG-PET/CT 对骨骼肌胰岛素抵抗的小鼠进行研究,结果发现运动刺激比胰岛素刺激更能促进骨骼肌葡萄糖的摄取。MRI/PET 是一种更有前景的技术,Haddock 等<sup>[36]</sup>发现在健康成人的骨骼肌激活时, $^{18}\text{F}$ -FDG 摄取与肌肉 T2 值存在线性相关,肌肉 T2 值的变化可以作为葡萄糖摄取的替代指标。MRI/PET、PET/CT 等多模态成像技术有望用于 RA 相关肌少症进一步研究,并为治疗 RA 肌少症提供更多思路,如运动等。

## 2.6 人工智能

随着人工智能的发展,身体成分的自动分割成为可能。有研究<sup>[37]</sup>使用深度神经网络的计算方法在 PET-CT 图像上对全身身体成分实现了自动分割,并且 3D U-Net 衍生的躯干体积与生物电阻抗测量的四肢瘦质量和脂肪量高度相关。Nachit 等<sup>[38]</sup>使用 3D U-Net 算法,提取了腰部层面身体成分指标:肌肉面积以及肌间、皮下和内脏脂肪面积,结果发现肌肉脂肪浸润是无症状成人死亡风险的一个关键预测因素。此外,磁共振指纹(magnetic resonance fingerprinting, MRF)成像技术实现了短时间内同时量化组织的多种特征。

MRF 已应用于动物实验中,Kim 等<sup>[39]</sup>分别使用  $^{31}\text{P}$ -MRSF 和磁化特征转移技术对小鼠后肢进行扫描,两者测量的磷脂成分无统计学差异。未来,人工智能技术将为 RA 相关肌少症研究提供更为精准、更

为便利的研究手段。

### 3 总结与展望

肌少症是 RA 常见并发症, 肌肉量减少是诊断 RA 相关肌少症的主要指标, 近年来, 肌肉脂肪浸润的评估也成为肌少症研究的热点之一。影像学技术是评估肌肉结构、功能以及分子信息的重要手段, 每种检查手段都有其各自的优势(表 1)。

表 1 RA 相关肌少症的影像学评估方法  
Table 1 Comparison of imaging methods for sarcopenia assessment in rheumatoid arthritis

影像学检查技术	常用检查部位或测量点	常用测量指标或参数	优点	缺点
DXA	四肢(双上肢+双下肢)	ALM、ALMI	应用广, 快速、成本低、辐射剂量低、有确定的临界值	受患者体内水分变化的影响, 难以对肌肉质量评估、难以准确测定躯干肌肉
CT	测定部位不统一, 大腿中部层面应用广泛	肌肉量: SMA、SMI 肌肉质量: IMAT、SMD	金标准, 定量测量不同层面或区域的肌肉和脂肪组织, 扫描仪器较小、扫描时间较短及辐射剂量较低	临界值争议大, 无法准确区分 IMAT 和 IntraMAT, 辐射量较大
MRI	测定部位不统一, 大腿中部层面应用广泛	肌肉量: SMA、SMI 肌肉质量: Dixon 技术为最常用的定量测定脂肪的方法、DTI 及 MRE 可评估肌纤维结构的微观变化等	金标准, 无辐射、多参数和软组织分辨率高的优势, 且更好的区分 IMAT 和 IntraMAT	其成本高、禁忌症多、扫描和后处理时间, 缺乏标准化的成像方案和测定指标
US	测定部位不统一, 股四头肌(尤股直肌)	肌肉量: 肌肉厚度、横截面积、肌肉体积 肌肉质量: 肌束长度、羽状角; 回声强度、肌肉弹性、肌肉收缩潜力	初筛, 便携、快速、禁忌症少、无辐射	受患者检查体位、肌肉收缩状态及操作者探头位置、压力、倾斜角等影响, 指标的临界点不明确

注: DXA: 双能 X 线吸收测定法; ALM: 四肢瘦体重; ALMI: 四肢瘦体重指数; CT: 计算机断层扫描; SMA: 骨骼肌横截面积; SMI: 骨骼肌指数; IMAT: 肌间脂肪组织; SMD: 骨骼肌密度; IntraMAT: 肌内脂肪组织; MRI: 磁共振成像; Dixon 技术: 水-脂分离技术; DTI: 扩散峰度成像; MRE: 磁共振弹性成像; US: 超声。

尽管 CT、MRI 被认为是诊断肌少症的金标准, 但其检查部位及测量指标仍有争论, 有待进一步研究。随着人工智能的发展, 医学影像图像中的身体成分实现了较为精确自动分割, 这将为临床大规模诊断肌少症提供重要基础。

近几年 RA 相关肌少症受到风湿科医生越来越多的关注, 但目前影像学文献相对较少而临床文献较多, 因此, 本综述通过将当前临床研究文献中所采用的影像技术进行总结分析, 希望能引起影像科医生对这一疾病的关注, 未来在这个方向进行更深入的相关研究。

### 参考文献

- [1] 耿研, 谢希, 王昱, 等. 类风湿关节炎诊疗规范[J]. *中华内科杂志*, 2022, 61(1): 51-59. DOI:10.3760/cma.j.cn112138-20210616-00426.  
GENG Y, XIE X, WANG Y, et al. The standardized diagnosis and treatment of rheumatoid arthritis[J]. *Chinese Journal of Internal Medicine*, 2022, 61(1): 51-59. DOI:10.3760/cma.j.cn112138-20210616-00426. (in Chinese).
- [2] JIN S, LI M, FANG Y, et al. Chinese Registry of rheumatoid arthritis (CREDIT): II. prevalence and risk factors of major comorbidities in Chinese patients with rheumatoid arthritis[J]. *Arthritis research & therapy*, 2017, 19(1): 1-8. DOI:10.1186/s13075-017-1457-z.
- [3] AN H J, TIZAOUI K, TERRAZZINO S, et al. Sarcopenia in autoimmune and rheumatic diseases: A comprehensive review[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2020, 21(16): 5678. DOI:10.3390/ijms21165678.
- [4] ROSENBERG, IRWIN H. Symposium: sarcopenia: diagnosis and mechanisms sarcopenia: origins and clinical relevance[J]. *Journal of Nutrition*, 1997, 127(5): 990S-991S. DOI:10.1093/jn/127.5.990S.
- [5] TONG J, XU S, WANG J, et al. Interactive effect of sarcopenia and falls on vertebral osteoporotic

- fracture in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Archives of Osteoporosis*, 2021, 16(1): 1–9. DOI:10.1007/s11657-021-01017-1.
- [6] TADA M, YAMADA Y, MANDAI K, et al. Osteosarcopenia synergistically increases the risk of falls in patients with rheumatoid arthritis[J]. *Osteoporosis and Sarcopenia*, 2021, 7(4): 140–145. DOI:10.1016/j.afos.2021.11.002.
- [7] ANDONIAN B J, HUFFMAN K M. Skeletal muscle disease in rheumatoid arthritis: The center of cardiometabolic comorbidities?[J]. *Current Opinion in Rheumatology*, 2020, 32(3): 297–306. DOI:10.1097/BOR.0000000000000697.
- [8] CRUZ-JENTOFT A J, BAEYENS J P, BAUER J M, et al. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People[J]. *Age and Ageing*, 2010, 39(4): 412–423. DOI:10.1093/ageing/afy169.
- [9] CORREA-de-ARAÚJO R, ADDISON O, MILJKOVIC I, et al. Myosteatosis in the context of skeletal muscle function deficit: An interdisciplinary workshop at the national institute on aging[J]. *Frontiers in Physiology*, 2020, 11: 963. DOI:10.3389/fphys.2020.00963.
- [10] FARROW M, BIGLANDS J, TANNER S, et al. Muscle deterioration due to rheumatoid arthritis: Assessment by quantitative MRI and strength testing[J]. *Rheumatology*, 2021, 60(3): 1216–1225. DOI:10.1093/rheumatology/keaa364.
- [11] LETAROUILLY J G, FLIPO R M, CORTET B, et al. Body composition in patients with rheumatoid arthritis: A narrative literature review[J]. *Therapeutic Advances in Musculoskeletal Disease*, 2021, 13: 1759720X211015006. DOI:10.1177/1759720X211015006.
- [12] SHIN A, CHOI S R, HAN M, et al. Association between sarcopenia defined as low lean mass by dual-energy X-ray absorptiometry and comorbidities of rheumatoid arthritis: Results of a nationwide cross-sectional health examination[J/OL]. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 2022, 57: 152090. DOI:10.1016/j.semarthrit.2022.152090.
- [13] MOSCHOU D, KRIKELIS M, GEORGAKOPOULOS C, et al. Sarcopenia in rheumatoid arthritis: A narrative review[J/OL]. *Journal of Frailty, Sarcopenia and Falls*, 2023, 8(1): 44–52. DOI:10.22540/JFSF-08-044.
- [14] BHASIN S, TRAVISON T G, MANINI T M, et al. Sarcopenia definition: The position statements of the sarcopenia definition and outcomes consortium[J]. *Journal of the American Geriatrics Society*, 2020, 68(7): 1410–1418. DOI:10.1111/jgs.16372.
- [15] TOLONEN A, PAKARINEN T, SASSI A, et al. Methodology, clinical applications, and future directions of body composition analysis using computed tomography (CT) images: A review[J]. *European Journal of Radiology*, 2021, 145: 109943. DOI:10.1016/j.ejrad.2021.109943.
- [16] KHOJA S S, PATTERSON C G, GOODPASTER B H, et al. Skeletal muscle fat in individuals with rheumatoid arthritis compared to healthy adults[J]. *Experimental Gerontology*, 2020, 129: 110768. DOI:10.1016/j.exger.2019.110768.
- [17] DERSTINE B A, HOLCOMBE S A, ROSS B E, et al. Skeletal muscle cutoff values for sarcopenia diagnosis using T10 to L5 measurements in a healthy US population[J]. *Scientific Reports*, 2018, 8(1): 1–8. DOI:10.1038/s41598-018-29825-5.
- [18] MOLWITZ I, LEIDERER M, McDONOUGH R, et al. Skeletal muscle fat quantification by dual-energy computed tomography in comparison with 3T MR imaging[J]. *European Radiology*, 2021, 31(10): 7529–7539. DOI:10.1007/s00330-021-07820-1.
- [19] VILLEDON de NAIDE M, PEREIRA B, COURTEIX D, et al. Assessment of intramuscular fat and correlation with body composition in patients with rheumatoid arthritis and spondyloarthritis: A pilot study[J]. *Nutrients*, 2021, 13(12): 4533. DOI:10.3390/nu13124533.
- [20] ROOS F, FANKHAUSER N, COLLET T H, et al. Peripheral volumetric muscle area and total body volume in postmenopausal women with rheumatoid arthritis[J]. *Journal of Clinical Densitometry*, 2021, 24(4): 613–621. DOI:10.1016/j.jocd.2020.11.004.
- [21] CHOW S K H, van MOURIK M, HUNG V W Y, et al. Hr-pqct for the evaluation of muscle quality and intramuscular fat infiltration in ageing skeletal muscle[J]. *Journal of Personalized Medicine*, 2022, 12(6): 1016. DOI:10.3390/jpm12061016.
- [22] HINKLEY J M, CORNNELL H H, STANDLEY R A, et al. Older adults with sarcopenia have distinct skeletal muscle phosphodiester, phosphocreatine, and phospholipid profiles[J]. *Aging Cell*, 2020, 19(6): e13135. DOI:10.1111/accel.13135.
- [23] IWAYAMA K, TANABE Y, TANJI F, et al. Diurnal variations in muscle and liver glycogen differ depending on the timing of exercise[J]. *The Journal of Physiological Sciences*, 2021, 71(1): 1–8. DOI:10.1186/s12576-021-00821-1.

- [24] FRIEDBERGER A, FIGUEIREDO C, GRIMM A, et al. Quantification of hand muscle volume and composition in patients with rheumatoid arthritis, psoriatic arthritis and psoriasis[J]. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2020, 21(1): 1–11. DOI:10.1186/s12891-020-03194-5.
- [25] RAN J, DAI B, LIU C, et al. The diagnostic value of T2 map, diffusion tensor imaging, and diffusion kurtosis imaging in differentiating dermatomyositis from muscular dystrophy[J]. *Acta Radiologica*, 2022, 63(4): 467–473. DOI:10.1177/0284185121999006.
- [26] KENNEDY P, BARNHILL E, GRAY C, et al. Magnetic resonance elastography (MRE) shows significant reduction of thigh muscle stiffness in healthy older adults[J]. *GeroScience*, 2020, 42(1): 311–321. DOI:10.1007/s11357-019-00147-2.
- [27] PERKISAS S, BAUDRY S, BAUER J, et al. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: towards standardized measurements[J]. *European Geriatric Medicine*, 2018, 9(6): 739–757. DOI:10.1007/s41999-018-0104-9.
- [28] PERKISAS S, BASTIJNS S, BAUDRY S, et al. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update[J]. *European Geriatric Medicine*, 2021, 12(1): 45–59 DOI:10.1007/s41999-020-00433-9.
- [29] NIES I, ACKERMANS L, POEZE M, et al. The diagnostic value of ultrasound of the rectus femoris for the diagnosis of sarcopenia in adults: A systematic review[J]. *Injury*, 2022, 53: 23–29. DOI:10.1016/j.injury.2022.06.004.
- [30] BARBOSA-SILVA T G, GONZALEZ M C, BIELEMANN R M, et al.  $2+2(+2)=4$ : A new approach for appendicular muscle mass assessment by ultrasound[J]. *Nutrition*, 2021, 83: 111056. DOI:10.1016/j.nut.2020.111056.
- [31] ALFURAIH A M, TAN A L, O'CONNOR P, et al. Muscle stiffness in rheumatoid arthritis is not altered or associated with muscle weakness: A shear wave elastography study[J]. *Modern Rheumatology*, 2020, 30(4): 617–625. DOI:10.1080/14397595.2019.1645374.
- [32] CHENG D T H, LEE K Y S, AHUJA A T, et al. Sonographic assessment of swallowing in irradiated nasopharyngeal carcinoma patients[J]. *The Laryngoscope*, 2018, 128(11): 2552–2559. DOI:10.1002/lary.27222.
- [33] MENESSES A L, NAM M C Y, BAILEY T G, et al. Skeletal muscle microvascular perfusion responses to cuff occlusion and submaximal exercise assessed by contrast-enhanced ultrasound: The effect of age[J]. *Physiological Reports*, 2020, 8(19): e14580. DOI:10.14814/phy2.14580.
- [34] RUBY L, KUNUT A, NAKHOSTIN D N, et al. Speed of sound ultrasound: Comparison with proton density fat fraction assessed with Dixon MRI for fat content quantification of the lower extremity[J]. *European Radiology*, 2020, 30(10): 5272–5280. DOI:10.1007/s00330-020-06885-8.
- [35] MIYATAKE Y, MISHIMA Y, TSUTSUMI R, et al. Assessment of insulin resistance in the skeletal muscle of mice using positron emission tomography/computed tomography imaging[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2020, 528(3): 499–505. DOI:10.1016/j.bbrc.2020.05.165.
- [36] HADDOCK B, HOLM S, POULSEN J M, et al. Assessment of muscle function using hybrid PET/MRI: Comparison of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET and T2-weighted MRI for quantifying muscle activation in human subjects[J]. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging*, 2017, 44(4): 704–711. DOI:10.1007/s00259-016-3507-1.
- [37] LEE Y S, HONG N, WITANTO J N, et al. Deep neural network for automatic volumetric segmentation of whole-body CT images for body composition assessment[J]. *Clinical Nutrition*, 2021, 40(8): 5038–5046. DOI:10.1016/j.clnu.2021.06.025.
- [38] NACHIT M, HORMANS Y, SUMMERS R M, et al. AI-based CT body composition identifies myosteatosis as key mortality predictor in asymptomatic adults[J]. *Radiology*, 2023, 307(5): e222008. DOI:10.1148/radiol.222008.
- [39] KIM K, GU Y, WANG C Y, et al. Quantification of creatine kinase reaction rate in mouse hindlimb using phosphorus -  $^{31}\text{P}$  magnetic resonance spectroscopic fingerprinting[J]. *NMR in Biomedicine*, 2021, 34(2): e4435. DOI:10.1002/nbm.4435.



# Imaging of Sarcopenia in Rheumatoid Arthritis: State of the Art

WANG Xiaobo<sup>1</sup>, E Linning<sup>2✉</sup>

1. College of Medical Imaging, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China
2. Department of Radiology, Shanxi Bethune Hospital, Shanxi Academy of Medical Sciences, Taiyuan 030032, China

**Abstract:** Early-stage rheumatoid arthritis (RA) often harbors a hidden threat: sarcopenia, a silent contributor to osteoporosis and fractures. Assessing muscle mass and quality, particularly during active RA periods when joint mobility hinders strength and function evaluations, becomes crucial. Imaging techniques emerge as invaluable tools in this diagnostic puzzle, offering accurate quantification of muscle status in RA patients. This article delves into advancements of various imaging modalities in unraveling RA-related sarcopenia.

**Keywords:** rheumatoid arthritis; sarcopenia; imaging techniques



**作者简介:** 王晓波, 女, 山西医科大学放射影像学在读硕士研究生, 主要从事身体成分影像学研究, E-mail: [wangxiaobol61@163.com](mailto:wangxiaobol61@163.com); 鄂林宁<sup>✉</sup>, 男, 山西白求恩医院(山西医学科学院)放射科主任医师、硕士生导师, 主要从事胸部疾病影像学研究, E-mail: [elinning@163.com](mailto:elinning@163.com)。