

# 炎症/营养/免疫相关指数在肌少症评估中的研究进展

赵新颖<sup>1</sup>，王枚<sup>2</sup>✉

1. 新疆医科大学第五附属医院老年病科,新疆乌鲁木齐 830000

2. 新疆医科大学第五附属医院临床营养科, 新疆乌鲁木齐 830000

**摘要:** 肌少症与生存率降低相关, 已在全球范围内引起越来越多的关注。炎症、营养及免疫因素共同构成其核心病理生理基础。近年来, 基于血常规和生化检测中获取的**血红蛋白-白蛋白-淋巴细胞-血小板评分 (hemoglobin - albumin - lymphocyte - platelet score, HALP 评分)**、**C 反应蛋白-白蛋白-淋巴细胞指数 (c-reactive protein-albumin-lymphocyte index, CALLY 指数)**、**预后营养指数 (prognostic nutritional index, PNI)**、**老年营养风险指数 (geriatric nutritional risk index, GNRI)**、**全身免疫炎症指数 (systemic immune-inflammation index, SII)** 一系列复合指数, 可综合反映患者机体的炎症状态、营养储备及免疫状态, 检测便捷且成本低廉, 在肌少症早期识别、风险分层及预后评估中展现出重要临床价值。

**关键词:** 肌少症; 老年人; 炎症/营养/免疫相关指数

**中图分类号:** R592

肌少症 (Sarcopenia) 的发病机制复杂, 涉及体力活动减少、增龄相关激素变化、神经肌肉功能衰退、线粒体功能障碍、蛋白质合成分解失衡、慢性炎症及营养不良等多因素。在病理生理层面, 免疫衰老和免疫细胞功能障碍介导的免疫失调导致促炎细胞因子持续高表达, 形成慢性炎症微环境, 加剧肌肉分解<sup>[1]</sup>。且促炎细胞因子可能诱发厌食、代谢紊乱, 导致营养摄入不足与营养不良<sup>[2]</sup>。长期营养不良会损害免疫细胞的生成和功能, 使机体更容易受到感染, 并难以有效调节炎症反应<sup>[3]</sup>。上述三个因素彼此促进, 形成复杂的正反馈环路, 从而加速肌少症的进展。肌少症起病隐匿、进展缓慢, 在功能障碍出现前常不易被察觉。较传统的双能 X 线吸收测定法、生物电阻抗分析等评估方法相比, **基于血常规及生化指标构建的炎症/营养/免疫复合指数 (HALP 评分、CALLY 指数、PNI、GNRI、SII)**, 通过整合**血红蛋白 (hemoglobin, Hb)**、**白蛋白 (albumin, Alb)**、**淋巴细胞 (lymphocyte, LYM)**、**血小板 (platelet, PLT)**、**C 反应蛋白 (c-reactive protein, CRP)** 及**中性粒细胞 (neutrophil, NEUT)** 等指标, 可综合反映机体炎症负荷、营养储备及免疫状态。此类指数具有信息整合度高、检测便捷、可重复性好等优点, 能够揭示肌肉流失的病理生理机制。因此, 本文将系统梳理**上述指数**与肌少症的相关研究进展, 探讨其在肌少症早期识别、风险分层及预后评估中的潜在价值, 为临床实践提供理论依据。

## 1. 肌少症的流行病学概况

肌少症一词由 Rosenberg 于 1989 年首次提出, 现被定义为一种与增龄相关的骨骼肌质量、力量及功能进行性丧失的老年综合征<sup>[4]</sup>。随着全球人口老龄化不断加剧, 肌少症的患病率持续攀升, 已成为影响老年人健康的重要因素。流行病学调查显示, 全球 60 岁及以上老年人群中肌少症的患病率在 10%~27%, 预计到 2050 年肌少症患者人数将达 5 亿<sup>[5]</sup>。基

✉ 基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金 (2021D01C432) 通讯作者: 王枚 电子邮箱: 32058595@qq.com

于2019年亚洲肌少症工作组（Asian Working Group for Sarcopenia, AWGS 2019）标准，我国社区60岁以上人群的患病率为14.7%，其中男性（17.3%）高于女性（12.5%）<sup>[6]</sup>。医院中的老年患者肌少症患病率会更高。肌少症会显著增加跌倒、衰弱、残疾、住院、术后并发症及过早死亡等风险，且患者一旦住院，常面临术后并发症增多、住院时间延长及过早死亡风险增加等不良临床结局。

## 2. 炎症/营养/免疫复合指数的研究进展

### 2.1 HALP 评分

HALP 评分整合了 Hb、Alb、LYM 和 PLT，其计算方法为  $Hb \times Alb \times LYM / PLT$ ，可综合反映机体的炎症、营养与免疫状态<sup>[7]</sup>，可作为老年肌少症筛查和预后评估的便捷工具。Hb 水平降低可致肌肉组织缺氧，影响肌肉代谢与功能。Alb 水平降低可能伴随蛋白质-能量营养不良、慢性炎症<sup>[8]</sup>。LYM 在免疫功能和炎症调控中起关键作用，其减少可能反映免疫失调或慢性炎症<sup>[9]</sup>。PLT 升高可加剧炎症反应，促进肌肉蛋白分解与肌细胞凋亡<sup>[10]</sup>。因此，低 HALP 评分通常表示存在慢性炎症状态以及蛋白质-能量营养不良，两者均可促进肌肉分解：慢性炎症上调促炎细胞因子，激活骨骼肌中的泛素蛋白酶体系统和自噬通路；蛋白质-能量营养不良则通过限制氨基酸底物和损害胰岛素样生长因子-1 信号传导，减少肌肉合成代谢<sup>[11]</sup>。国内一项研究显示，在结肠癌患者中，低 HALP 评分是发生肌少症的独立预测因子（OR = 0.550, 95% CI = 0.420-0.963）<sup>[12]</sup>。有研究纳入 1999 年至 2004 年美国国家健康与营养调查（National Health and Nutrition Examination Survey, NHANES）数据库中 3550 名 ≥60 岁个体的信息，结果发现，HALP 评分上四分位的参与者，肌肉质量低的概率比下四分位低 29%（OR = 0.71, 95% CI: 0.56, 0.89）。HALP 评分上四分位肌肉量低的参与者，其全因死亡风险比下四分位降低 23%（HR = 0.77, 95% CI: 0.62, 0.97），进一步证实，HALP 评分与老年人低肌肉质量及全因死亡率均呈显著负相关<sup>[13]</sup>。

### 2.2 CALLY 指数

CALLY 指数由  $Alb \times LYM / [CRP \times 10]$  计算而得，可用于评估营养和炎症状态。与 HALP 不同，CALLY 指数直接纳入 CRP，更侧重反映抗炎-营养能力。CRP 作为系统性炎症标志物，在老年慢性低度炎症中持续升高，可通过激活泛素蛋白酶体系统和核因子  $\kappa B$  通路，加速肌肉蛋白降解<sup>[14]</sup>。Li Y 等通过分析 NHANES 数据库中 1804 名社区中老年人以及中国昆山医院老年病科收治的 139 名住院患者数据，该横断面研究发现，较高的 CALLY 指数均与显著降低的肌少症患病风险独立相关，对于社区居民（OR = 0.26, 95% CI 0.11–0.56, ）和住院患者（OR = 0.35, 95% CI 0.12–0.96）均是如此<sup>[15]</sup>。为探究 CALLY 指数与糖尿病肾病（Diabetic Nephropathy, DN）合并肌少症的相关性，陈琼等回顾性分析 2021 年 1 月—2025 年 4 月于温岭市中医院治疗的 120 例 DN 合并肌少症患者（观察组）以及 60 例单纯 DN 患者（对照组）的病历资料，结果显示：观察组 CALLY 指数低于对照组（ $P < 0.05$ ），且观察组 CALLY 指数与步数、握力、四肢骨骼肌质量指数均呈正相关（ $P < 0.05$ ）。参照《肌少症国际临床实践指南：筛查、诊断和管理》，将观察组分为轻度肌少症与重度肌少症，CALLY 指数与观察组的病情严重程度呈负相关（ $P < 0.05$ ）<sup>[16]</sup>。在一项针对膳食镁与低肌肉质量（Low Muscle Mass, LMM）的关联以及炎症指标是否介导该关系的研究中，Zhu 等人研究结果显示 CALLY 指数与 LMM 之间呈负相关性，CALLY 指数每

增加一个单位，LMM 风险降低 45%<sup>[17]</sup>。鉴于肌少症在恶性肿瘤患者中高发，一项旨在评估 CALLY 指数与肌少症癌症患者总生存期之间关系的研究中，发现 CALLY 指数是合并肌少症的癌症患者总生存期的独立预后因素<sup>[18]</sup>。综上，CALLY 指数在社区、住院及多种疾病人群中均表现出稳定的肌少症保护效应，尤其适用于评估炎症驱动的肌肉流失。

### 2.3PNI

PNI 通过  $Alb+5 \times LYM$  计算而得，是综合评估营养与免疫状态的复合指标。较低 PNI 水平对肌少症具有一定的预测价值。Cheng L 等选用 NHANES 数据库中的 8058 名成年人，探讨 PNI 对肌少症的影响，通过多元线性回归分析显示，PNI 水平与肌少症呈显著负相关 ( $OR=0.89$ ,  $95\%CI: 0.85-0.93$ )；将 PNI 按四分位数分组后，PNI 最高四分位数组的受试者肌少症风险较最低四分位数组降低 52% ( $OR=0.48, CI=0.31-0.74$ )<sup>[19]</sup>。PNI 是成年人人群中肌少症、全因死亡率和心血管死亡率的独立预测因子。钱武等利用 1999-2004 年和 2011-2014 年 NHANES 数据库中 18 岁以上的 24661 名受试者资料，使用多种分析方法探讨 PNI 与肌少症的关联和患者中 PNI 与全因及心血管死亡率的关系，结果得出，PNI 每增加一个单位，肌少症发生风险下降 10% (校正后  $OR=0.90, 95\%CI=0.89-0.91$ )；PNI 每增加一个单位，肌少症全因死亡风险下降 6% ( $HR=0.94$ ,  $95\%CI=0.92-0.96$ )，心血管死亡风险同样下降 6% ( $HR=0.94$ ,  $95\%CI=0.90-0.97$ )<sup>[20]</sup>。在老年人群中，PNI 的预测价值尤为显著 Hacer Alatas 等人分析土耳其农村地区住院老人肌少症与营养不良相关风险间的关联，研究发现，与无肌少症相比，肌少症患者的 PNI 显著降低<sup>[21]</sup>。

### 2.4GNRI

GNRI 由  $1.489 \times Alb+41.7 \times$ 当前体重/理想体重计算得来，作为一种简便的营养评估工具，广泛应用于老年患者的营养状况评估。高 GNRI 是社区老年人肌少症的独立保护因素。一项前瞻性队列研究发现，社区老年人群中，GNRI 每增加 1 个标准差，肌少症发生风险降低 64% (校正后  $OR=0.36$ ,  $95\%CI=0.31-0.43$ )。根据 GNRI 水平的三分位分组，与最低组相比，中、高 GNRI 组肌少症风险逐级下降 (趋势检验  $P < 0.001$ )<sup>[22]</sup>。在土耳其农村地区的研究中，老年肌少症患者的 GNRI 评分亦显著降低，且是评估肌少症的敏感指标<sup>[21]</sup>。在肺癌<sup>[23]</sup>、维持性血液透析<sup>[24]</sup>、糖尿病<sup>[25]</sup>、肝硬化<sup>[26]</sup>及老年住院患者等多种疾病群体中，GNRI 均表现出与肌少症风险的显著相关性。同时与握力、骨骼肌质量指数、步速等身体功能指标呈正相关，多变量分析证实较低 GNRI 是肌少症的独立危险因素<sup>[26]</sup>。此外，改良老年营养风险指数 (Modified Geriatric Nutritional Risk Index, mGNRI) 纳入了 CRP 水平和体重变化，是一种实用且对炎症敏感的老年住院患者肌少症筛查工具。Wei H 等横断面分析 153 名患者发现，mGNRI 与肌少症呈 L 型关联，在风险分层上，mGNRI  $< 55$  提示肌少症风险增加 8.4 倍 ( $OR=8.40$ )，在诊断性能中，mGNRI 以 55 为截断值时，敏感度为 80.4%，曲线下面积为 0.752<sup>[27]</sup>。GNRI (尤其是 mGNRI) 在老年住院患者肌少症筛查中具有较高的临床应用价值。

### 2.5SII

SII 通过  $PLT \times NEUT / LYM$  计算得出，SII 反映炎症负荷，不直接包含营养指标，因此更适用于评估慢性炎症对肌肉的损害作用。Shi L 等依据 NHANES 数据库探讨 SII 与 LMM 间的关系，结果显示，SII 水平升高与 LMM 风险增加相关<sup>[28]</sup>。赵黄侃等为探讨血常规衍生的炎性指数与肌少症间的相关性，回顾性分析了 351 名老年患者数据，根据 AWGS 2019 标

准将患者分为非肌少症组、肌少症组和严重肌少症组，研究证实，中性粒细胞/淋巴细胞比值（Neutrophil-to-Lymphocyte Ratio,NLR）和 SII 等炎性指数升高与严重肌少症风险增加显著相关<sup>[29]</sup>。一项纳入 9 篇文献、共 18634 名受试者的系统综述与荟萃分析显示，高 SII 水平与肌少症患病风险显著相关（OR=1.52，95%CI: 1.09-2.13，P=0.01）<sup>[30]</sup>。为探讨 SII 与肌少症的关系，Zhao J 等基于 NHANES 数据库，纳入 7258 名成年人资料，按四分位数分组，结果发现与最低四分位数组相比，最高四分位数组风险显著升高（OR=3.94，95%CI: 1.42-10.94），且 OR 值随 SII 水平上升呈递增趋势（P 趋势<0.001）<sup>[31]</sup>。在预后方面，Zeng Q 等分析 NHANES 数据库中 1999–2018 年 2974 名肌少症患者的数据，中位随访 9.2 年，结果显示，SII 升高与全因、心血管、癌症及呼吸系统疾病死亡风险显著增加相关<sup>[32]</sup>。值得注意的是，一项住院老年患者前瞻性队列研究亦表明，SII 联合小腿围或肌少症指数可提升诊断效能，且 SII 是独立的全因死亡血清标志物<sup>[33]</sup>。

## 2.6 各指数的内在联系与协同应用

上述五项指数计算方法不同，但在病理生理机制层面相互关联，均可反映肌少症进程中的营养摄入失衡、机体免疫功能紊乱、慢性炎症持续激活。从维度构成看，PNI 侧重营养-免疫，HALP 增加血红蛋白与血小板以拓展评估广度，CALLY 引入 CRP 直接量化炎症，GNRI 纳入体重反映体成分储备，SII 则纯粹反映炎症负荷，五项指标形成梯度互补的多层次评估体系。当前各项指数协同使用评估肌少症的研究相对较少，刘晓铭等研究发现，SII、GNRI、NLR、血小板/淋巴细胞比值（Platelet-to-Lymphocyte Ratio,PLR）异常为老年肌少症独立危险因素，且四者联合检测预测效能最高，曲线下面积为 0.941，优于单一指标<sup>[34]</sup>。另一项针对 134 例局部晚期胃癌患者的研究则发现，SII-PNI 联合评分不仅可独立预测肌少症发生，且与患者总生存期、无病生存期缩短密切相关，具备筛查与预后双重价值<sup>[35]</sup>。

## 3. 总结

综上，炎症/营养/免疫复合指数通过多通路整合，为肌少症的筛查、诊断及预后评估提供了新视角。HALP 评分、CALLY 指数、PNI、GNRI 及 SII 等指标，既可反映肌少症患病风险，亦能评估疾病严重程度。肌少症病因的复杂性决定了单一指标的局限性，联合应用多个复合指数或与传统诊断标准（如握力、骨骼肌质量指数及步速测试）结合，可成为提升早期识别与预后预测精度的关键策略。尤其适用于基层医疗场景下的高危人群筛查与风险分层。

## 4. 展望

尽管现有研究初步证实了炎症/营养/免疫复合指数与肌少症的相关性，但仍存在若干亟待解决的问题。在研究设计方面，多数研究为横断面和回顾性研究，难以确定复合指标与肌少症之间的因果关系，未来需要开展大规模前瞻性队列研究加以验证。在临床应用中，各研究中复合指数的临界值尚不统一，限制了其在临床实践中的推广，后续应针对不同人群、不同年龄阶段建立标准化的参考范围。在机制层面，仍需通过基础实验为靶向干预提供理论依据。最后，基于复合指数构建多维度、动态化的肌少症风险评估模型，并结合人工智能技术实现个体化预警与干预，将是未来临床转化的重要方向。

[参考文献]

- [1] Zhang N, Zhai L, Wong R M Y, et al. Harnessing immunomodulation to combat sarcopenia: current insights and possible approaches[J]. *Immun Ageing*, 2024, 21(1): 55.
- [2] Graterol Torres F, Molina M, Soler-Majoral J, et al. Evolving concepts on inflammatory biomarkers and malnutrition in chronic kidney disease[J]. *Nutrients*, 2022, 14(20): 4297.
- [3] Doganay M, Halil M G, Kaymak C, et al. Expert opinion on the current conceptual, clinical and therapeutic aspects of disease related malnutrition and muscle loss: a multidisciplinary perspective[J]. *Front Nutr*, 2025, 12: 1509689.
- [4] Sayer AA, Cooper R, Arai H, et al. Sarcopenia[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2024, 10(1): 68.
- [5] Petermann-Rocha F, Balntzi V, Gray SR, et al. Global prevalence of sarcopenia and severe sarcopenia: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2022, 13(1): 86-99.
- [6] 刘娟, 丁清清, 周白瑜, 等. 中国老年人肌少症诊疗专家共识(2021)[J]. *中华老年医学杂志*, 2021, 40(8):943-952.
- [7] Xu S S, Li S, Xu H X, et al. Haemoglobin, albumin, lymphocyte and platelet predicts postoperative survival in pancreatic cancer[J]. *World J Gastroenterol*, 2020, 26(8): 828-838.
- [8] 郑桂花, 潘淑芬, 李启云. 血清维生素 D、ALB、CRP、IL-6 与老年肌少症的相关性分析 [J]. *黑龙江医药*, 2025, 38 (5): 1050-1053.
- [9] Cheng Y, Kuang C, Zhang G, et al. Association of hematological parameters and inflammatory indices with sarcopenia in the United States and China: a cross-sectional study[J]. *Eur J Med Res*, 2025, 30(1): 289.
- [10] Ardhaoui M, Mahjoubi J, Jebali B, et al. Abs0152 hematological involvement and the usefulness of the platelet/lymphocyte ratio (plr) in evaluating disease activity in elderly patients with rheumatoid arthritis[J]. *Ann Rheum Dis*, 2025, 84(Suppl 1): 1941.
- [11] Jimenez-Gutierrez G E, Martínez-Gómez L E, Martínez-Armenta C, et al. Molecular mechanisms of inflammation in sarcopenia: diagnosis and therapeutic update[J]. *Cells*, 2022, 11(15): 2359.
- [12] Xie H, Wei L, Tang S, et al. Hemoglobin-albumin-lymphocyte-platelet score as an integrative biomarker for prognosis and sarcopenia in colorectal cancer[J]. *J Inflamm Res*, 2025, 18: 14709-14720.
- [13] Liu S, Huang J, Hu X, Chen S, Lin M. The association of HALP score with low muscle mass in older adults[J]. *Front Nutr*, 2025, 12: 1618736.
- [14] 付俊玲, 穆志静, 孙丽娜, 等. 老年住院 2 型糖尿病患者肌少症与炎症因子关系的研究 [J]. *中华糖尿病杂志*, 2023, 15(1): 21-25.
- [15] Li Y, Wei Q, Ke X, et al. Higher CALLY index levels indicate lower sarcopenia risk among middle-aged and elderly community residents as well as hospitalized patients[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 24591.
- [16] 陈琼, 陈晨. CALLY 指数、CTI 与糖尿病肾病合并肌少症的相关性研究[J]. *新中医*,

2025, 57(20): 58-63.

- [17] Zhu Z, Wang W, Ding F, Shen Y. Association between dietary magnesium intake and low muscle mass: the mediating role of inflammatory indicators[J]. *Healthcare (Basel)*, 2025, 14(1): 1.
- [18] Wang S, Liu C, Zheng X, et al. Prognostic value of the c-reactive protein-albumin-lymphocyte index in cancer patients with sarcopenia: a study on overall survival[J]. *Nutrition*, 2025, 140: 112893.
- [19] Cheng L, Hu S, Wu Q. Higher prognostic nutritional index is associated with lower incidence of sarcopenia[J]. *Geriatr Nurs*, 2025, 63: 499-504.
- [20] Wu Q, Ding W, You D, et al. Prognostic nutritional index, sarcopenia, and risk of mortality: a national population-based study[J]. *Nutr Metab (Lond)*, 2025, 22(1): 106.
- [21] Alatas H, Serin Y, Arslan N. Nutritional status and risk of sarcopenia among hospitalized older adults residing in a rural region in Turkey[J]. *Ann Geriatr Med Res*, 2023, 27(4): 293-300.
- [22] Xiang Q, Li Y, Liang R, et al. The geriatric nutrition risk index is longitudinally associated with incident sarcopenia: evidence from a 5-year prospective cohort[J]. *Aging Clin Exp Res*, 2024, 36(1): 52.
- [23] Zhao X, Wu J, Jia L, Fang Q. A correlation of geriatric nutritional risk index with the progression of sarcopenia in patients with lung cancer[J]. *Br J Hosp Med (Lond)*, 2025, 86(9): 1-15.
- [24] Chen X, Han P, Zhu X, et al. Comparison of three nutritional screening tools for detecting sarcopenia in patients with maintenance hemodialysis[J]. *Front Public Health*, 2022, 10: 996447.
- [25] Shiroma K, Tanabe H, Takiguchi Y, et al. A nutritional assessment tool, GNRI, predicts sarcopenia and its components in type 2 diabetes mellitus: a Japanese cross-sectional study[J]. *Front Nutr*, 2023, 10: 1087471.
- [26] Saeki C, Kinoshita A, Kanai T, et al. The geriatric nutritional risk index predicts sarcopenia in patients with cirrhosis[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 3888.
- [27] Wei H, Huang Q, Liu M. Modified geriatric nutritional risk index: a high-sensitivity marker with l-shaped association for sarcopenia in hospitalized older adults[J]. *Front Nutr*, 2025, 12: 1686537.
- [28] Shi L, Zhang L, Zhang D, et al. Association between systemic immune-inflammation index and low muscle mass in US adults: a cross-sectional study[J]. *BMC Public Health*, 2023, 23(1): 1-9.
- [29] 赵黄侃, 魏雅楠, 王晶桐. 血细胞炎症指数与肌少症严重程度之间的相关性研究[J]. *中国骨质疏松杂志*, 2023, 29(12): 1763-1767.
- [30] Xie S, Wu Q. Association between the systemic immune-inflammation index and sarcopenia: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Orthop Surg Res*, 2024, 19(1): 314.

- [31] Zhao J, Zeng L, Liang G, et al. Higher systemic immune-inflammation index is associated with sarcopenia in individuals aged 18-59 years: a population-based study[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 22156.
- [32] Zeng Q Y, Qin Y, Shi Y, et al. Systemic immune-inflammation index and all-cause and cause-specific mortality in sarcopenia: a study from national health and nutrition examination survey 1999-2018[J]. *Front Immunol*, 2024, 15: 1376544.
- [33] Tu X, Lin T, Huang L, et al. Diagnostic performance of the systemic immune-inflammation index (SII) and sarcopenia index (SI) in sarcopenia and their prognostic value for clinical outcomes in hospitalized older patients[J]. *BMC Geriatr*, 2025, 25(1): 691.
- [34] 刘晓铭, 邝盈妍, 邓熙, 等. 炎症指数 SII、NLR、PLR 和 GNRI 对老年肌少症发生风险的评估价值[J]. *现代生物医学进展*, 2025, 25(7): 1233-1239.
- [35] Ding P, Lv J, Sun C, et al. Combined systemic inflammatory immunity index and prognostic nutritional index scores as a screening marker for sarcopenia in patients with locally advanced gastric cancer [J]. *Front. Nutr*, 2022, 9: 981533.