

预后营养指数在老年髌部骨折预后评估中的应用：从预测到干预的研究进展

李元^{1,2}

¹延安大学延安医学院, 陕西 延安

²延安大学附属医院关节外科, 陕西 延安

收稿日期: 2026年3月3日; 录用日期: 2026年3月26日; 发布日期: 2026年4月7日

摘要

髌部骨折是老年人群最常见的严重创伤之一, 术后死亡率高、功能恢复差, 给医疗系统带来沉重负担。营养不良在老年髌部骨折患者中普遍存在, 是影响预后的关键可修饰因素。预后营养指数(Prognostic Nutritional Index, PNI)作为基于血清白蛋白和外周血淋巴细胞计数计算的复合指标, 近年来在骨科领域受到广泛关注。本文系统综述PNI在老年髌部骨折预后评估中的研究进展, 重点阐述PNI对术后死亡率、功能恢复、并发症的预测价值及其量效关系特征, 探讨PNI从预测工具向临床干预指导策略转化的可行路径。现有证据表明, PNI是老年髌部骨折患者术后长期死亡率的独立预测因子(OR = 0.75, 95%CI: 0.66~0.85), 且与术后日常生活活动能力依赖风险(OR = 0.90)、早期行走功能恢复显著相关。值得注意的是, PNI与死亡率之间存在非线性阈值效应, 当PNI < 50.3时, 每增加1个单位死亡率下降6%, 而超过该阈值后死亡率趋于稳定。基于PNI构建的列线图预测模型及术前营养优化策略代表了从风险评估到精准干预的转化方向。未来研究需通过大样本前瞻性试验确立PNI的最佳干预阈值, 并验证营养支持治疗改善预后的临床效益。

关键词

预后营养指数, 髌部骨折, 老年, 营养评估, 预后预测, 临床干预

The Application of Prognostic Nutritional Index in the Prognosis Evaluation of Elderly Hip Fractures: Research Progress from Prediction to Intervention

Yuan Li^{1,2}

¹Yan'an Medical College, Yan'an University, Yan'an Shaanxi

²Joint Surgery Department, Affiliated Hospital of Yan'an University, Yan'an Shaanxi

Abstract

Hip fractures are one of the most common severe traumas among the elderly population, with high postoperative mortality and poor functional recovery, imposing a heavy burden on the medical system. Malnutrition is prevalent among elderly patients with hip fractures and is a key modifiable factor affecting prognosis. The Prognostic Nutritional Index (PNI), a composite indicator calculated based on serum albumin and peripheral blood lymphocyte counts, has received extensive attention in the field of orthopedics in recent years. This article systematically reviews the research progress of PNI in the prognostic assessment of elderly hip fractures, focusing on the predictive value of PNI for postoperative mortality, functional recovery, and complications, as well as its dose-response characteristics. It also explores the feasible path for the transformation of PNI from a predictive tool to a clinical intervention guidance strategy. Current evidence indicates that PNI is an independent predictor of long-term postoperative mortality in elderly hip fracture patients (OR = 0.75, 95% CI: 0.66~0.85), and is significantly associated with postoperative dependence on daily living activities (OR = 0.90) and early walking function recovery. It is noteworthy that there is a non-linear threshold effect between PNI and mortality. When PNI is less than 50.3, each increase of 1 unit in PNI leads to a 6% decrease in mortality, and after exceeding this threshold, the mortality tends to stabilize. The nomogram prediction model constructed based on PNI and the preoperative nutritional optimization strategy represent the transformation direction from risk assessment to precise intervention. Future research needs to establish the optimal intervention threshold of PNI through large-sample prospective trials and verify the clinical benefits of nutritional support treatment in improving prognosis.

Keywords

Prognostic Nutritional Index, Hip Fracture, Elderly, Nutritional Assessment, Prognostic Prediction, Clinical Intervention

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

髋部骨折是老年人群最常见的骨质疏松性骨折之一，随着全球人口老龄化进程加速，其疾病负担日益沉重。据统计，美国每年发生髋部骨折超过 30 万例，全球范围内每年约有 450 万人因髋部骨折致残，预计未来 40 年这一数字将增至 2100 万[1]。髋部骨折不仅导致患者生活质量严重下降，其 1 年死亡率高达 20%~40%，是老年医学和骨科领域面临的重大临床挑战[2]。

老年髋部骨折患者普遍存在营养不良问题，发生率约为 30%~50% [3]。营养不良不仅削弱机体对手术创伤的耐受能力，还通过影响免疫功能和蛋白质合成延缓骨折愈合，增加术后感染、压疮、深静脉血栓等并发症风险[4]。近年来，营养状况作为可修饰的预后因素受到越来越多关注，如何在术前准确识别营养不良高风险人群并实施针对性干预，成为改善老年髋部骨折预后的关键环节。

预后营养指数(PNI)最初由 Onodera 等学者于 1984 年提出，用于评估消化系统肿瘤患者的围手术期营养状况和手术风险，其计算公式为： $\text{血清白蛋白}(\text{g/L}) + 5 \times \text{外周血淋巴细胞总数}(\times 10^9/\text{L})$ [5]。白蛋白水

平反映机体蛋白质储备状况，而淋巴细胞计数则代表免疫功能状态，二者结合可综合评估患者的“免疫营养”状况。近年来，PNI的应用范围已从肿瘤领域扩展至骨科、心血管、神经等多个学科[1]。

在骨科领域，PNI与老年髌部骨折预后的关联性研究日益增多，但多数研究局限于验证其预测价值，对于如何将PNI从单纯的预测指标转化为临床干预依据，尚缺乏系统梳理。本文旨在综合最新研究证据，系统阐述PNI在老年髌部骨折预后评估中的应用现状，重点探讨其从预测到干预的转化路径，以期为临床实践和未来研究提供参考。

2. PNI的生物学基础与测量方法

2.1. 组成成分的生物学意义

PNI由两项常规实验室指标组成，二者分别从不同维度反映机体的营养免疫状态。

血清白蛋白是人体血浆中含量最丰富的蛋白质，半衰期约20天，其水平受合成速率、分解代谢、体内分布及外源性丢失等多因素影响。白蛋白不仅是维持血浆胶体渗透压的主要物质，还具有运输内源性和外源性物质、清除自由基、抑制血小板聚集等生理功能。在营养评估中，低白蛋白血症被视为蛋白质能量营养不良的敏感指标，但也需注意其可能受炎症状态、肝功能、肾脏疾病等因素干扰[5]。

外周血淋巴细胞计数反映机体的细胞免疫功能状态。淋巴细胞是适应性免疫的核心细胞，其数量减少提示免疫防御能力下降。老年髌部骨折患者因创伤应激、疼痛、食欲减退等多重因素，常处于负氮平衡状态，蛋白质合成不足直接影响淋巴细胞的增殖与分化[4]。因此，淋巴细胞计数可间接反映机体的营养状况和免疫储备能力。

将白蛋白与淋巴细胞计数结合形成PNI，理论上可综合评估“营养-免疫”轴的功能状态，比单一指标具有更高的预测效能。低PNI提示患者同时存在蛋白质营养不良和免疫功能障碍，这类患者面对手术创伤时，其组织修复能力和抗感染能力均处于劣势，因而预后较差。

2.2. PNI的计算与截断值

PNI的标准计算公式为： $\text{血清白蛋白}(\text{g/L}) + 5 \times \text{外周血淋巴细胞计数}(\times 10^9/\text{L})$ [1]。需要注意的是，不同文献中可能存在单位换算问题，如部分日本学者采用白蛋白单位g/dL，此时公式相应调整为： $10 \times \text{白蛋白}(\text{g/dL}) + 0.005 \times \text{淋巴细胞计数}(\text{mm}^3)$ [6]。

关于PNI的截断值，目前尚无统一标准。2025年发表的一项系统评价纳入8项研究共11,576例老年骨折患者，结果显示各研究采用的PNI截断值范围从26到49.2不等[4]。其中，中国学者的研究多采用43~49作为截断值[4]，而土耳其学者的截断值相对较低(26~38.5) [4]。这种差异可能与种族、饮食习惯、基础疾病谱等因素有关。亚组分析表明，当截断值 ≥ 40 时，PNI对死亡率的预测价值具有统计学意义；而截断值 < 40 时，预测效能消失[7]。这提示临床应用中应结合人群特征选择合适的截断值。

3. PNI对老年髌部骨折预后的预测价值

3.1. 对死亡率的预测

死亡率是老年髌部骨折预后评估的核心终点指标。2025年Bai等发表的Meta分析系统评价了PNI对老年骨折患者长期预后的预测价值，共纳入8项队列研究(11,576例老年患者)，结果显示高PNI组患者的死亡率显著低于低PNI组(OR = 0.75; 95%CI: 0.66~0.85; $P < 0.0001$) [4] [7]。敏感性分析证实这一结果稳健，未受单项研究的显著影响。

值得注意的是，亚组分析揭示了几个重要发现。首先，研究设计影响效应估计：前瞻性研究中PNI的预测价值更为显著(OR = 0.57; 95%CI: 0.41~0.79)，而回顾性研究中未观察到显著关联[4]。这提示回顾

性研究可能存在选择偏倚和信息偏倚，未来需要更多高质量前瞻性研究验证。其次，PNI 截断值影响预测效能：截断值 ≥ 40 的研究显示 PNI 显著预测死亡风险，而截断值 < 40 的研究未得出阳性结果[7]。这为临床选择适宜的截断值提供了参考依据。

从效应量级来看，一项纳入 2115 例老年髌部骨折患者的大样本队列研究显示，PNI 每增加 1 个单位，死亡风险降低 5% (HR = 0.95; 95%CI: 0.93~0.97) [5]。这一效应在调整年龄、性别、合并症等混杂因素后仍保持显著，提示 PNI 的预测价值独立于传统危险因素。

3.2. 对功能恢复的预测

死亡率仅是预后评估的一个维度，对于老年患者而言，功能恢复和生活质量同样重要。近年来，PNI 与功能结局的关联性研究逐渐增多。

Wu 等对 526 例老年髌部骨折患者进行 2 年随访，采用 Barthel 指数评估基本日常生活活动能力 (BADL)，发现术前 PNI 与术后 2 年中度至重度 BADL 依赖风险呈独立负相关 (OR = 0.90; 95%CI: 0.82~0.99; P = 0.026) [1][8]。受试者工作特征曲线分析显示，PNI 预测 BADL 依赖的曲线下面积 (AUC) 为 0.659，提示具有中等预测能力。倾向评分匹配后该关联依然稳健，证实了结果的可靠性。

日本学者 Yotsuya 等探讨了围手术期 PNI 动态变化与术后行走功能的关系，对 246 例术前具有行走能力的老年髌部骨折患者进行分析，发现术后 1 周 PNI 与出院时行走能力恢复显著相关 (43.38 vs 42.60, P = 0.01) [6]，且行走能力恢复组的术后 1 周能量摄入显著更高 (1380.8 vs 1203.1 kcal, P = 0.01)。这一发现提示术后早期营养支持对功能恢复至关重要，也为 PNI 的动态监测提供了依据。

3.3. 对并发症的预测

营养不良患者术后并发症风险升高已获广泛认可。老年髌部骨折术后常见并发症包括切口感染、肺部感染、深静脉血栓、压疮等。虽然目前专门探讨 PNI 与并发症关联的大样本研究相对较少，但现有证据支持 PNI 对并发症风险的预测价值。

一项针对转子间骨折的研究表明，PNI 较低的患者内固定失败风险显著增高，术后植入物相关并发症发生率升高[9]。研究者将 PNI 与其他临床因素结合构建列线图预测模型，实现了对固定失败风险的个体化评估，为临床决策提供了可视化工具[9]。

另有研究对比了不同营养筛查工具对老年髌部骨折术后结局的预测效能，发现微型营养评定简表 (MNA-SF) 与出院时功能独立性评分的相关性最强，而 PNI 在预测长期预后方面表现更优[3]。不同营养评估工具各有侧重，临床实践中可根据评估目的和时机选择合适的工具。

4. PNI 与预后的量效关系及阈值效应

4.1. 非线性关系的发现

传统研究多假设 PNI 与预后呈线性关联，即 PNI 越高预后越好。然而，这种线性假设可能过于简化真实世界的复杂关系。随着研究方法学的进步，限制性立方样条 (RCS) 等非线性回归技术被应用于探索变量间的真实关联形态。

2025 年发表在《Scientific Reports》的一项大样本研究首次系统探讨了 PNI 与老年髌部骨折死亡率的非线性关联。该研究纳入 2115 例患者，平均随访 38.6 个月，通过 RCS 分析和两段式 Cox 回归模型发现，PNI 与死亡率之间存在显著的阈值效应[5]。

4.2. 关键阈值的确定

研究证实，PNI 与死亡率的关联存在一个关键拐点：50.3 [5]。当 PNI 低于 50.3 时，PNI 与死亡率呈

显著负相关，每增加 1 个单位，死亡风险降低 6% (HR = 0.94; 95%CI: 0.92~0.96; P < 0.0001); 而当 PNI 高于 50.3 时，死亡率趋于稳定，不再随 PNI 升高而进一步下降(HR = 1.03; 95%CI: 0.99~1.07; P = 0.1469) [5]。

这一发现具有重要临床意义。首先，它揭示了营养干预的“窗口期”——对于 PNI 低于 50.3 的患者，改善营养状况有望转化为生存获益；而对于 PNI 已达标的患者，过度营养支持可能无益。其次，50.3 可作为临床分层管理的参考阈值，帮助识别最需要营养干预的高危人群。类似阈值效应在其他营养指标研究中也有报道，提示营养状况与临床预后的关系可能普遍存在非线性特征。

4.3. 对临床实践的启示

阈值效应的存在对临床实践有多重启示。第一，PNI 的解释需考虑其水平范围，不能简单套用线性思维。第二，营养干预的目标值设定应参考阈值，将患者提升至安全区间而非追求无限升高。第三，风险分层应基于阈值进行分层，而非简单按四分位数分组，后者可能模糊阈值附近的效应差异。

值得注意的是，50.3 这一阈值来自单中心回顾性数据，其外推性尚需多中心研究验证。不同人群、不同手术方式、不同随访时点的阈值可能存在差异，临床应用中需结合具体情况判断。

5. 从预测到干预：PNI 指导的临床策略

5.1. 术前风险分层

基于 PNI 的术前风险评估是实现个体化治疗的第一步。老年髌部骨折患者入院后应常规检测血常规和肝功能，计算 PNI 值。根据阈值 50.3 可初步将患者分为两类：PNI \geq 50.3 者为营养状况相对良好组，PNI < 50.3 者为营养风险组。对于后者，需进一步评估营养不良的具体表现和潜在原因，包括膳食摄入评估、体重变化史、合并症影响等。

福建医科大学附属第一医院的研究团队将 PNI 与其他营养评估工具(CONUT 评分、NPS)及临床因素结合，开发了预测转子间骨折固定失败风险的列线图模型[9]。该模型通过可视化方式呈现个体患者的风险概率，便于临床医生与患者及家属沟通决策。类似的多因素整合策略可推广至死亡率、功能恢复等预后终点，构建老年髌部骨折的精准预测体系。

5.2. 营养支持策略

一旦通过 PNI 筛查识别出营养风险患者，即应考虑实施营养干预。干预策略包括营养咨询、口服营养补充(ONS)、肠内营养支持等，具体选择取决于患者的基础状况、胃肠道功能、预期手术时机等因素。

目前关于 PNI 指导的营养干预能否改善预后的直接证据尚不充分，但间接证据支持其合理性。日本学者研究发现，术后 1 周能量摄入与行走能力恢复显著相关[6]，提示早期积极营养支持对功能结局的重要性。另有研究表明，早期营养干预可能降低老年髌部骨折患者死亡率、缩短康复时间[5]。

从机制层面看，营养支持对 PNI 的改善作用不仅体现在宏观的氮平衡与蛋白质合成上，更深入到免疫细胞的微观调控。PNI 的核心要素之一——外周血淋巴细胞，其增殖、分化与功能执行高度依赖于特定的营养素信号通路。例如，充足的蛋白质和氨基酸(尤其是谷氨酰胺)供应，可通过激活哺乳动物雷帕霉素靶蛋白复合物 1 (mTORC1)信号通路，直接促进淋巴细胞从 G0 期进入 G1 期，从而驱动细胞增殖[10]。此外，谷氨酰胺不仅是淋巴细胞增殖所需核苷酸合成的重要前体，也是调节辅助 T 细胞(Th1/Th2)平衡、影响细胞因子(如 IL-2、IFN- γ)分泌的关键燃料[11]。研究证实，谷氨酰胺通过 mTOR/GSK3 通路调节调节性 B 细胞的生成，进而影响免疫应答的平衡[12]，同时，谷氨酰胺酶依赖的代谢途径对 Th17 和 Th1 细胞的分化具有截然不同的调控作用[13]。营养支持通过补充这些关键底物，能够改善淋巴细胞能量代谢、增强其克隆扩增能力及免疫效应功能，从而提升机体对抗感染和促进组织修复的能力。对

于 PNI 降低的患者，这种支持尤为重要，因为他们本身储备不足，术后高代谢状态会进一步加剧负氮平衡和免疫细胞耗竭。

基于现有证据，建议对 PNI < 50.3 的老年髌部骨折患者实施强化营养支持，目标是将 PNI 提升至安全阈值以上。干预时机应尽可能提前，从入院即刻开始，贯穿围手术期全程。干预方式以口服营养补充为首选，必要时可通过鼻饲管实施肠内营养。

5.3. 多学科协作模式

营养管理并非单一学科能够独立完成任务，需要骨科、营养科、老年科、康复科等多团队协作。理想的多学科协作模式应包括：骨科医生负责识别营养风险、发起营养会诊；营养师进行详细营养评估、制定个体化营养方案；老年科医生管理合并症、优化全身状况；康复科医生指导功能训练、监测恢复进度。

福建医科大学的研究团队强调了营养评估作为骨科标准实践的重要性，主张将常规营养筛查纳入老年髌部骨折的诊疗路径[9]。这一理念与加速康复外科(ERAS)的发展方向高度契合。在 ERAS 体系中，营养管理是核心要素之一，术前营养筛查和术后早期营养支持已被多项指南推荐。

6. 研究局限与未来方向

6.1. 现有研究的方法学局限

尽管 PNI 在老年髌部骨折预后评估中的价值已获大量研究支持，但现有证据仍存在若干方法学局限，需在解读时予以注意。

第一，研究设计以回顾性队列为主，易受选择偏倚和测量偏倚影响。Meta 分析的亚组分析显示，前瞻性研究和回顾性研究的结论存在差异，后者未能证实 PNI 的预测价值[4][7]。这提示回顾性证据的质量可能不足以支持临床决策，需要前瞻性研究进一步验证。

第二，发表偏倚问题不容忽视。Bai 等的 Meta 分析通过 Egger 检验发现死亡率结局存在显著发表偏倚($P=0.003$) [4]。研究者推测，地域选择偏倚可能是主要原因——纳入研究全部来自亚洲(中国和土耳其)，缺乏欧美人群数据。这限制了研究结论的外推性。

第三，PNI 截断值不统一导致研究间异质性显著。不同研究采用的截断值差异巨大(26~49.2)，使得结果难以直接比较和整合[4][7]。虽然亚组分析提示截断值 ≥ 40 的研究效应更为显著，但最佳截断值的确定仍缺乏共识。

第四，混杂因素控制不足。多数研究仅调整了基本人口学特征和常见合并症，未能充分考虑炎症状态、药物影响、社会经济因素等潜在混杂变量。PNI 与预后的关联是否独立于这些因素，尚需更严谨的设计验证。

6.2. 未来研究的关键方向

基于现有证据的局限，未来研究可从以下几个方向深入。

确立最佳截断值：通过大样本多中心前瞻性队列，采用标准化测量方法，探索适合不同人种、性别、年龄层的 PNI 截断值。研究设计应考虑截断值的稳定性和可重复性，并通过外部验证确认其预测效能。

开展干预性研究：PNI 从预测指标走向干预工具的关键在于验证“改善 PNI 能否改善预后”。需设计随机对照试验，将 PNI 低于阈值的患者随机分配至强化营养支持组和常规护理组，比较两组死亡率、功能恢复、并发症等终点差异。此类研究将为临床实践提供最高级别的证据。

探索联合预测模型：PNI 单一指标的预测效能有限(AUC 约 0.66) [1][8]，将其与其他营养指标(如 GNRI、CONUT)、炎症指标(如 SII、NLR)、临床因素整合，有望构建预测效能更优的多因素模型。机器

学习等新兴方法可用于筛选最优指标组合、处理复杂交互作用。

机制研究深化理解：PNI 与不良预后关联的生物学机制尚待阐明。低 PNI 如何影响骨愈合、肌肉功能、感染防御？营养干预通过哪些通路改善预后？这些机制问题的解答将有助于开发靶向干预策略。

动态监测的价值评估：现有研究多关注术前单次 PNI 测量，围手术期 PNI 动态变化对预后的预测价值研究较少[6]。术后 PNI 变化轨迹能否提供额外预测信息？早期 PNI 下降是否提示需要加强营养支持？这些问题的回答将推动 PNI 从静态评估走向动态管理。

6.3. 干预终点与剂量效应研究的缺失

尽管将 PNI 作为干预靶点的策略在逻辑上具有吸引力，但当前研究在设计上存在关键空白，即缺乏对“干预终点”和“剂量效应”的严谨评估，这限制了其临床转化价值。

首先，干预的持续时间与 PNI 的动态变化规律尚不明确。现有研究多报告术前单次 PNI 的预测价值，但营养支持(如 ONS)究竟需要持续多长时间才能引起 PNI 的显著提升，这一时间窗是否与手术时机(通常为入院后 24~48 小时)兼容，均缺乏数据支持。术前短暂的营养干预可能无法在短期内显著改变半衰期约 20 天的白蛋白水平，但可能通过快速调节代谢通路影响淋巴细胞功能。因此，仅以术前 PNI 值的变化作为干预成功与否的标志，可能低估了早期营养支持的潜在价值[14]。未来研究需采用重复测量设计，探索围手术期(尤其是术后早期) PNI 的动态轨迹，并确定能够预测良好预后(如功能恢复、并发症减少)的 PNI 早期变化“阈值”。

其次，营养支持的“有效剂量”远未达成共识。目前研究对 ONS 的成分(蛋白质、能量、特定免疫营养素如精氨酸、Omega-3 脂肪酸的含量)、给予频率和总时长缺乏标准化描述[15]。这就引出了一个核心问题：多大的营养支持剂量才能转化为有临床意义的 PNI 提升，并最终降低死亡率？现有证据仅能证明 PNI 与预后的相关性，但 PNI 的提升与死亡率下降之间的因果链尚未被干预性试验证实。一项针对髌部骨折老年患者的 RCT 显示，尽管夜间肠内营养支持显著增加了患者的每日总能量摄入，但并未转化为术后 6 个月死亡率的显著改善[16]。这提示单纯的营养补充可能不足以改变硬终点，或者需要更精准的患者筛选和剂量调整。另一项研究则发现，每日蛋白质摄入量(而非总能量)与术后并发症减少独立相关，每增加 1 克蛋白质摄入，并发症风险降低 7.5% (OR = 0.925) [17]。这进一步说明，探讨营养素特异性剂量效应可能比关注总能量摄入更有价值。要填补这一空白，需要设计严谨的随机对照试验(RCT)。这类试验不应仅比较“营养支持”与“常规护理”的结局差异，更应在干预组内部建立剂量-反应关系，例如，通过分析实际摄入的营养素剂量(而非单纯意向治疗分析)与 PNI 变化值、以及最终临床终点(如 1 年死亡率)之间的关联强度。只有在明确了“需要改变多少 PNI (干预目标)”以及“需要给予何种及多大剂量的营养支持(干预手段)”这两个核心问题后，PNI 指导的精准营养干预才能真正从理论走向临床实践。

7. 结论

预后营养指数(PNI)作为整合白蛋白和淋巴细胞计数的复合指标，是评估老年髌部骨折患者营养免疫状态的有效工具。现有证据表明，PNI 对术后死亡率、功能恢复、并发症风险具有独立预测价值，且与预后之间存在非线性阈值效应——当 PNI 低于 50.3 时，改善营养状况可带来生存获益[18]；超过该阈值后效应趋于平台期。

从预测到干预的转化是 PNI 临床应用的必然方向。基于 PNI 的术前风险分层有助于识别最需要营养支持的高危人群，围手术期营养优化有望改善预后，多学科协作模式为实施个体化管理提供了组织保障。尽管现有研究存在截断值不统一、回顾性设计为主、发表偏倚等局限，但 PNI 作为简便、经济、可重复的评估工具，在老年髌部骨折的临床管理中具有广阔应用前景。

未来需通过大样本前瞻性研究和随机对照试验, 确立 PNI 的最佳干预阈值, 验证营养支持治疗的临床效益, 探索多指标联合预测模型, 推动 PNI 从风险预测走向精准干预, 最终改善老年髋部骨折患者的生存质量和功能结局。

参考文献

- [1] Dong, Y., Zhang, Y., Song, K., Kang, H., Ye, D. and Li, F. (2022) What Was the Epidemiology and Global Burden of Disease of Hip Fractures from 1990 to 2019? Results from an Additional Analysis of the Global Burden of Disease Study 2019. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, **481**, 1209-1220. <https://doi.org/10.1097/corr.0000000000002465>
- [2] Liu, X. and Xie, D. (2024) Geriatric Nutritional Risk Index Predicts Postoperative Prognosis in Older Patients with Hip Fracture: A Meta-Analysis. *Medicine*, **103**, e37996. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000037996>
- [3] 赵玉婷, 郝龙英, 王金荣. 不同营养筛查工具对老年髋部骨折术后结局的预测效能[J]. 医学临床研究, 2024, 41(5): 653-657.
- [4] Vallet, H., Bayard, C., Lepetitcorps, H., O'Hana, J., Fastenackels, S., Fali, T., et al. (2020) Hip Fracture Leads to Transitory Immune Imprint in Older Patients. *Frontiers in Immunology*, **11**, 571759. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.571759>
- [5] Yang, P., Liu, L., Yang, Z. and Zhang, B. (2025) Threshold Effect of Prognostic Nutritional Index on Mortality in Geriatric Hip Fracture Patients. *Scientific Reports*, **15**, Article No. 22241. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08123-x>
- [6] Yotsuya, K., Yamazaki, K., Sarukawa, J., Yasuda, T. and Matsuyama, Y. (2024) Relationship between the Perioperative Prognostic Nutritional Index and Postoperative Gait Function in Elderly Hip Fractures. *Osteoporosis and Sarcopenia*, **10**, 72-77. <https://doi.org/10.1016/j.afos.2024.05.006>
- [7] Bai, B., Liu, X. and Li, H. (2025) Predictive Value of Prognostic Nutritional Index for the Long-Term Prognosis of Elderly Patients with Fracture: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in Nutrition*, **12**, Article 1631128. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1631128>
- [8] Wu, Q., Ding, W., Zhang, Z., La, R., You, D., Ding, Q., et al. (2025) Association between Prognostic Nutritional Index and Risk of Moderate-To-Severe Basic Activities of Daily Living Dependence Two Years after Hip Fracture Surgery in Older Adults. *BMC Geriatrics*, **25**, Article No. 634. <https://doi.org/10.1186/s12877-025-06278-w>
- [9] 福建医科大学附属第一医院. 营养健康在髋部骨折恢复中的关键作用: 筛查如何预测手术成功[EB/OL]. <https://ichgcp.net/zh/clinical-trials-registry/551748-controlling-nutritional-status-as-a-superior-predictor-of-fixation-failure-in-intertrochanteric-fractures-development-and-validation-of-a-multicentre-nomogram>, 2026-03-31.
- [10] Nguyen, H.T., Li, M., Vadakath, R., Henke, K.A., Tran, T.C., Li, H., et al. (2024) Gα13 Restricts Nutrient Driven Proliferation in Mucosal Germinal Centers. *Nature Immunology*, **25**, 1718-1730. <https://doi.org/10.1038/s41590-024-01910-0>
- [11] Caris, A.V., Lira, F.S., de Mello, M.T., Oyama, L.M. and dos Santos, R.V.T. (2014) Carbohydrate and Glutamine Supplementation Modulates the Th1/th2 Balance after Exercise Performed at a Simulated Altitude of 4500 m. *Nutrition*, **30**, 1331-1336. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2014.03.019>
- [12] Mielle, J., Bouchard, A., Tremblay, M., Gagnon, J., Roy, D., Pelletier, S., et al. (2022) Glutamine Promotes the Generation of B10⁺ Cells via the mTOR/GSK3 Pathway. *European Journal of Immunology*, **52**, 402-412.
- [13] Johnson, M.O., Wolf, M.M., Madden, M.Z., Andrejeva, G., Sugiura, A., Contreras, D.C., et al. (2018) Distinct Regulation of Th17 and Th1 Cell Differentiation by Glutaminase-Dependent Metabolism. *Cell*, **175**, 1780-1795.e19. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2018.10.001>
- [14] Dixon, J., Channell, W., Arkley, J. and Eardley, W. (2019) Nutrition in Hip Fracture Units: Contemporary Practices in Preoperative Supplementation. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*, **10**. <https://doi.org/10.1177/2151459319870682>
- [15] Pan, W., Xie, Y., Zhang, J., Yang, H., Cheng, C. and Zhang, H. (2025) Development of a Clinical Management Pathway for Perioperative Nutritional Risk in Elderly Patients with Hip Fractures. *Clinical Interventions in Aging*, **20**, 1267-1282. <https://doi.org/10.2147/cia.s534553>
- [16] Sullivan, D.H., Nelson, C.L., Klimberg, V.S. and Bopp, M.M. (2004) Nightly Enteral Nutrition Support of Elderly Hip Fracture Patients: A Pilot Study. *Journal of the American College of Nutrition*, **23**, 683-691. <https://doi.org/10.1080/07315724.2004.10719410>
- [17] Botella-Carretero, J.I., Iglesias, B., Balsa, J.A., Arrieta, F., Zamarrón, I. and Vázquez, C. (2010) Perioperative Oral

Nutritional Supplements in Normally or Mildly Undernourished Geriatric Patients Submitted to Surgery for Hip Fracture: A Randomized Clinical Trial. *Clinical Nutrition*, **29**, 574-579. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2010.01.012>

- [18] Chua, J.Y., Yeh, K., Lee, R. and Wu, W. (2025) Combining GNRI and CLR Index Predicts Outcome Following Hip Fracture Surgery. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, **44**, 49-57. <https://doi.org/10.1007/s00774-025-01638-3>