

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.22.009
文章编号: 1005-8982 (2025) 22-0054-06

临床药学·论著

维生素D联合营养支持与运动干预在老年肌少症治疗中的临床效果*

惠娟¹, 张兆岩¹, 刘沫言¹, 季小玲², 于庆丰¹

(1. 中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院 干部病房一科, 山东 济南 250031;
2. 济南市第五人民医院 呼吸内科, 山东 济南 250000)

摘要: **目的** 分析维生素D联合营养支持与运动干预在老年肌少症治疗中的临床效果。**方法** 选取2021年10月—2024年12月中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院收治的肌少症患者104例, 按照随机数字表法分为对照组和观察组, 各52例。对照组给予维生素D治疗, 观察组在对照组基础上给予营养支持和运动干预, 两组均持续干预3个月。比较两组肌肉功能〔四肢骨骼肌质量(ASM)、四肢骨骼肌质量指数(ASMI)、握力、步速〕、血清炎症指标〔白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α)、单核细胞趋化蛋白-1(MCP-1)、C反应蛋白(CRP)]及血清25羟基维生素D₃[25(OH)D₃]水平。并采用Pearson法分析干预后血清25(OH)D₃与ASMI、IL-6、TNF- α 、MCP-1、CRP的相关性。**结果** 观察组干预前后ASM、ASMI、握力、步速、IL-6、TNF- α 、25(OH)D₃、MCP-1、CRP的差值均大于对照组($P < 0.05$)。干预后, 血清25(OH)D₃与血清ASMI水平呈正相关($r = 0.496, P < 0.05$), 与血清IL-6、TNF- α 、MCP-1、CRP水平均呈负相关($r = -0.518, -0.440, -0.329$ 和 -0.237 , 均 $P < 0.05$)。**结论** 维生素D联合营养支持与运动干预可改善老年肌少症患者的肌肉功能, 提高血清25(OH)D₃水平, 降低炎症因子水平, 具有较好的临床效果。

关键词: 老年肌少症; 维生素D; 营养支持; 运动干预; 骨骼肌质量

中图分类号: R592

文献标识码: A

Clinical effects of vitamin D combined with nutritional support and exercise intervention in the treatment of sarcopenia in the elderly*

Hui Juan¹, Zhang Zhao-yan¹, Liu Mo-yan¹, Ji Xiao-ling², Yu Qing-feng¹

(1. Cadre Ward Division I, The 960 Hospital of the People's Liberation Army Joint Service Support Force, Jinan, Shandong 250031, China; 2. Department of Respiratory Medicine, Jinan Fifth People's Hospital, Jinan, Shandong 250000, China)

Abstract: **Objective** To evaluate the clinical effects of vitamin D combined with nutritional support and exercise intervention in the treatment of sarcopenia in the elderly. **Methods** A total of 104 patients with sarcopenia admitted to the 960 Hospital of the People's Liberation Army Joint Service Support Force between October 2021 and December 2024, were randomly assigned to either the control group ($n = 52$) or the observation group ($n = 52$). The control group received vitamin D supplementation, while the observation group received additional nutritional support and exercise intervention. Both groups underwent a 3-month intervention. Muscle function parameters, including appendicular skeletal muscle mass (ASM), appendicular skeletal muscle index (ASMI), handgrip strength,

收稿日期: 2025-04-24

* 基金项目: 军委后勤保障部保健专项课题 (No: 22BJ248); 山东第二医科大学2024年校级教育教学改革与研究课题 (No: 2024SJZX021)

[通信作者] 于庆丰, E-mail: 116721215@qq.com; Tel: 15168873308

and gait speed, were assessed. Serum inflammatory markers, including interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor- α (TNF- α), monocyte chemotactic protein-1 (MCP-1), C-reactive protein (CRP), as well as serum 25-hydroxyvitamin D₃ [25(OH)D₃] levels, were measured. Pearson correlation analysis was performed to examine the associations of post-intervention serum 25(OH)D₃ levels with ASMI and IL-6, TNF- α , MCP-1 and CRP levels. **Results** The differences of ASM, ASMI, handgrip strength, gait speed, and levels of IL-6, TNF- α , 25(OH)D₃, MCP-1, and CRP before and after intervention in the observation group were all greater than those in the control group ($P < 0.05$). After the intervention, the serum level of 25(OH)D₃ was positively correlated with ASMI ($r = 0.496$, $P < 0.05$) and negatively correlated with levels of IL-6, TNF- α , MCP-1 and CRP ($r = -0.518$, -0.440 , -0.329 , -0.237 , all $P < 0.05$). **Conclusion** Vitamin D combined with nutritional support and exercise intervention effectively improves muscle function, increases serum 25(OH)D₃ levels, and reduces the levels of inflammatory cytokines, demonstrating favorable clinical efficacy.

Keywords: sarcopenia; vitamin D; nutritional support; exercise intervention; skeletal muscle mass

肌少症是一种随年龄增长而出现的老年综合征,表现为肌肉量减少、力量减弱,同时可能伴随身体机能下降^[1]。研究显示,全球≥60岁人群中,肌少症的发病率为10%~27%^[2]。该病会增加老年人心理问题、降低身体稳定性,并提高其死亡风险,同时也加剧了医疗系统的压力^[3]。《老年人肌少症防控干预中国专家共识(2023)》^[4]推荐的治疗策略包括维生素D补充、运动干预等。维生素D受体广泛分布于骨骼肌、皮肤等组织,可通过调节肌肉代谢对肌肉健康产生积极影响,但具体作用机制仍未完全阐明^[5-6]。抗阻训练通过机械负荷直接刺激肌肉蛋白合成,对改善肌肉功能具有明确疗效^[7]。然而,现有研究大多关注维生素D联合运动干预的作用,而对营养支持在肌肉修复及合成中的关键作用关注较

少^[8-9]。因此,本研究旨在探讨维生素D联合营养支持及运动干预在老年肌少症治疗中的临床效果,为优化综合干预策略提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2021年10月—2024年12月中国人民解放军联勤保障部队第九六〇医院收治的肌少症患者104例,按照随机数字表法分为对照组和观察组,各52例,全部为男性。对照组与观察组年龄、体质量指数及高血压、糖尿病、冠心病、高脂血症患病率比较,经 t/χ^2 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性(见表1)。本研究经医院医学伦理委员会批准[No:(2021)科研伦理审第(098)号]。

表 1 两组基线资料比较 (n=52)

组别	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	体质量指数/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	合并症 例(%)			
			高血压	糖尿病	冠心病	高脂血症
对照组	70.16 \pm 3.27	23.44 \pm 1.36	31(59.62)	27(51.92)	9(17.31)	10(19.23)
观察组	70.42 \pm 2.89	23.25 \pm 1.59	32(61.54)	25(48.08)	8(15.38)	12(23.08)
t/χ^2 值	0.430	0.655	0.040	0.154	0.070	0.231
P 值	0.668	0.514	0.841	0.695	0.791	0.631

1.2 纳入与排除标准

- 1.2.1 纳入标准 ①年龄>60岁且符合《中国老年人肌少症临床康复治疗指南》^[10]诊断标准;②血清25羟维生素D₃[25(OH)D₃]≤30 μg/L(维生素D缺乏);③肌力≥3级;④患者及家属知情同意。
- 1.2.2 排除标准 ①合并认知障碍、自身免疫病、心肺功能不全或恶性肿瘤;②近3个月内有使用维生素D制剂史;③依从性差。

1.3 干预方法

- 1.3.1 对照组 所有患者口服碳酸钙D₃片[赫力昂(苏州)制药有限公司,国药准字H10950029,每片含钙600 mg/维生素D₃125 IU],1片/次,1次/d,同时口服骨化三醇软胶囊(四川国为制药有限公司,国药准字H20213982,0.25 μg/粒),1粒/次,1次/d,持续3个月。对照组不进行强制性运动。
- 1.3.2 观察组 观察组患者在对照组基础上给予

营养支持和运动干预,营养支持和运动干预方案参考先前研究^[11-12]。根据《老年人肌少症防控干预中国专家共识(2023)》^[4]建议为患者提供营养支持,对于存在营养风险者,每日于两餐间分2次给予肠内营养粉剂(荷兰 Abbott Laboratories B.V.,国药准字 HJ20181147,400 g)55.8 g(含蛋白质 8.9 g);对于合并肌少症风险或优质蛋白摄入不足者,在此基础上给予乳清蛋白粉(西安力邦临床营养股份有限公司,国食注字 TY20230019,300 g)10 g(含蛋白质 8 g)。运动干预包括每天 30 min 低强度有氧运动(快走)和同等时长抗阻训练。快走可根据患者耐受情况分次进行(如 10~15 min/次);抗阻训练包括上肢训练(使用 0.5~2.0 kg 轻型哑铃进行肘关节屈曲练习)和下肢训练(采用无负重直腿抬高,逐步增加 0.5~1.5 kg 沙袋负重)。为降低跌倒风险,可加入平衡训练,如站立抬膝或侧步行走。要求每周规律锻炼 3 次,持续 3 个月。

1.4 观察指标

1.4.1 肌肉功能 采用体成分分析仪(上海创迅医疗器械有限公司,Inbody 720)测定四肢骨骼肌质量(appendicular skeletal muscle mass, ASM),并计算四肢骨骼肌质量指数(appendicular skeletal muscle mass index, ASMI), $ASMI=ASM/身高(m)^2$;采用握力计(广州香山衡器股份有限公司,EH101)检测患者优势手的握力(重复 3 次,取平均值);步速测量时,在地面用胶带标记 4 m 直线,指导患者按照日常步速行走,可使用拐杖等辅助工具,但尽量减少依赖(重复 3 次,取平均值)。

1.4.2 血清炎症指标和维生素 D 水平 采集患者空腹静脉血 5 mL,室温下 1 500 r/min 离心 10 min 取上层血清,采用酶联免疫吸附试验测定血清白细胞介素-6(Interleukin-6, IL-6)、肿瘤坏死因子- α (tumor necrosis factor- α , TNF- α)、单核细胞趋化蛋白-1(monocyte chemotactic protein-1, MCP-1)、C 反应蛋白(C-reactive protein, CRP)表达水平,试剂盒购自美国 Thermo Fisher Scientific 公司,采用全自动电化学发光免疫分析仪检测 25(OH)D₃ 水平。

1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 26.0 统计软件。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,比较用 t 检验。不符合正态分布的计量资料以中位数

和四分位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,比较用非参数检验;计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;相关性分析用 Pearson 法。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组干预前后肌肉功能的变化

对照组与观察组干预前 ASM、ASMI、握力和步速比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)。对照组与观察组干预后 ASM、ASMI、握力和步速比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组干预后 ASM、ASMI、握力和步速均高于对照组。对照组与观察组干预前后 ASM、ASMI、握力和步速的差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组干预前后 ASM、ASMI、握力和步速的差值均大于对照组。见表 2。

2.2 两组干预前后血清炎症指标、25(OH)D₃水平的变化

对照组与观察组干预前 IL-6、TNF- α 、25(OH)D₃ 和 MCP-1 比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P>0.05$)。对照组与观察组干预前 CRP 比较,经非参数检验,差异无统计学意义($P>0.05$)。对照组与观察组干预后 IL-6、TNF- α 、25(OH)D₃ 和 MCP-1 比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组干预后 IL-6、TNF- α 、MCP-1 均低于对照组,25(OH)D₃ 高于对照组。对照组与观察组干预后 CRP 比较,经非参数检验,差异有统计学意义($P<0.05$);观察组较低。对照组与观察组干预前后 IL-6、TNF- α 、25(OH)D₃ 和 MCP-1 的差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P<0.05$);观察组干预前后 IL-6、TNF- α 、25(OH)D₃ 和 MCP-1 的差值均大于对照组。对照组与观察组干预前后 CRP 的差值比较,经非参数检验,差异有统计学意义($P<0.05$);观察组干预前后 CRP 的差值大于对照组。见表 3。

2.3 干预后血清 25(OH)D₃与 ASMI、IL-6、TNF- α 、MCP-1、CRP 的相关性分析

干预后,血清 25(OH)D₃ 与血清 ASMI 水平呈正相关($r=0.496, P=0.000$),与血清 IL-6、TNF- α 、MCP-1、CRP 水平均呈负相关($r=-0.518$ 、 -0.440 、 -0.329 和 $-0.237, P=0.000$ 、 0.000 、 0.001 和 0.015)。

表 2 两组干预前后肌肉功能比较 (n=52, $\bar{x} \pm s$)

组别	ASM/kg			ASMI/(kg/m ²)		
	干预前	干预后	差值	干预前	干预后	差值
对照组	16.22 ± 1.03	17.32 ± 1.10	1.10 ± 0.29	6.13 ± 0.41	6.35 ± 0.43	0.22 ± 0.07
观察组	16.27 ± 0.98	17.85 ± 1.20	1.58 ± 0.34	6.15 ± 0.40	6.65 ± 0.48	0.50 ± 0.10
t 值	0.254	2.348	7.746	0.252	3.357	16.540
P 值	0.800	0.021	0.000	0.802	0.001	0.000

组别	握力/kg			步速/(m/s)		
	干预前	干预后	差值	干预前	干预后	差值
对照组	27.25 ± 2.91	28.80 ± 3.10	1.55 ± 0.47	0.55 ± 0.08	0.91 ± 0.09	0.36 ± 0.11
观察组	27.78 ± 2.63	31.20 ± 3.25	3.42 ± 1.05	0.54 ± 0.12	0.97 ± 0.10	0.43 ± 0.12
t 值	0.974	3.853	11.722	0.500	3.216	3.101
P 值	0.332	0.000	0.000	0.618	0.002	0.002

表 3 两组干预前后血清炎症指标、25(OH)D₃水平比较 (n=52)

组别	IL-6/(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)			TNF-α/(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)			25(OH)D ₃ /(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)		
	干预前	干预后	差值	干预前	干预后	差值	干预前	干预后	差值
对照组	7.16 ± 1.25	5.01 ± 0.62	2.15 ± 0.64	4.02 ± 0.80	2.47 ± 0.65	1.55 ± 0.49	12.58 ± 3.22	15.21 ± 1.15	2.63 ± 0.78
观察组	7.20 ± 1.30	4.72 ± 0.57	2.48 ± 0.71	4.11 ± 0.82	2.16 ± 0.51	1.95 ± 0.57	12.61 ± 3.06	15.89 ± 1.37	3.28 ± 1.03
t / Z 值	0.160	2.483	2.490	0.567	2.706	3.837	0.049	2.741	3.628
P 值	0.873	0.015	0.014	0.572	0.008	0.000	0.961	0.007	0.000

组别	MCP-1/(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)			CRP/[mg/L, M(P ₂₅ , P ₇₅)]		
	干预前	干预后	差值	干预前	干预后	差值
对照组	228.71 ± 26.45	187.69 ± 24.52	41.02 ± 12.46	8.73(8.10, 9.13)	6.65(6.38, 7.46)	1.84(1.60, 1.90)
观察组	230.46 ± 23.18	150.33 ± 16.24	80.13 ± 17.55	8.75(8.11, 9.24)	5.06(4.44, 5.80)	3.63(3.44, 3.71)
t / Z 值	0.359	9.160	13.103	0.998	8.790	8.792
P 值	0.721	0.000	0.000	0.318	0.000	0.000

3 讨论

肌少症的发生是多因素作用的结果，包括遗传背景、生理变化及外界环境。当肌肉的动态平衡遭到破坏，线粒体能量转换和炎症调控机制受损，会导致肌肉中的运动单位数量减少，同时阻碍蛋白质的合成，进而削弱肌肉的功能^[13]。对于维生素 D 缺乏的老年人来说，额外补充维生素 D 能有效减少髋部或脊椎骨折的风险，降幅可达 15% ~ 20%^[14]。充足的蛋白质和必需氨基酸摄入对于维持肌肉质量至关重要，适量补充高生物价蛋白可促进肌肉蛋白合成，改善肌少症状况。抗阻运动对老年肌少症患者有积极改善效果，长期坚持这类运动的老年人，肌肉质量会随时间增长慢慢提升，

但部分老年人可能会因为运动强度过大而导致肌肉受损甚至骨折，所以选择低强度的抗阻运动可能在实际应用中更为合适^[15]。

张林英等^[8]研究发现，在老年肌少症患者中，维生素 D₃ 联合低强度抗阻运动可显著改善骨骼肌质量。本研究进一步证实，在此基础上联合营养支持，比单独使用维生素 D 更能提升肌肉质量。维生素 D 通过激活有丝分裂原活化的蛋白激酶信号通路，促进骨骼肌细胞前体增殖分化，同时借助广泛分布于骨骼肌组织的维生素 D 受体，调整蛋白质的合成与代谢过程，保持快肌纤维的数量和大小，有助于提升骨骼肌的质量并加强肌肉力量^[16]。蛋白质摄入不足是肌少症患者营养不良和肌肉减少的主要原因，特别是乳清蛋白，富含亮氨酸，能够

有效促进骨骼肌蛋白合成,同时抑制蛋白分解,从而维持肌肉质量^[17]。ZHAO 等^[18]的研究进一步支持了这一观点,发现乳清蛋白相比酪蛋白更能增加骨骼肌糖原储备,改善能量代谢,增强肌肉的代谢能力。本研究所采用的联合干预方案中,营养支持为肌肉合成提供了充足底物,协同维生素 D 对骨骼肌细胞分化及蛋白代谢的调控作用,从而更显著地改善肌肉质量。此外,抗阻训练能够直接刺激肌肉生长,而低强度有氧运动则通过增强心肺功能促进营养物质的吸收与利用。因此,营养支持、维生素 D 补充与运动训练形成协同效应,共同促进肌少症患者肌肉质量的改善。血清 25 (OH) D₃ 水平是衡量个体维生素 D 状态的关键指标,尤其对于老年人而言,其水平往往随年龄增长而逐渐下降,这一变化与老年人易发骨折的现象密切相关^[19]。既往研究表明,肌少症患者普遍存在 25 (OH) D₃ 水平降低况,因此监测这一指标对于评估老年肌少症患者的治疗效果具有显著价值^[20]。本研究发现,相较于对照组,观察组患者的 25 (OH) D₃ 水平更高。进一步分析结果显示,25 (OH) D₃ 与 ASMI 呈正相关,这证实了维生素 D 水平与肌肉质量的紧密联系。此外,25 (OH) D₃ 与 IL-6、TNF- α 、MCP-1、CRP 呈负相关,显示维生素 D 的含量与肌少症患者体内的炎症反应相关,这为肌少症患者补充适量维生素 D 提供了科学依据。

肌少症患者常伴随慢性轻度炎症,IL-6、TNF- α 、CRP、MCP-1 等炎症因子在其中发挥重要作用,尤其是 TNF- α ,其表达随年龄增长逐渐升高,可加速肌肉蛋白降解,抑制蛋白合成,进而导致肌肉质量和功能下降^[21]。MCP-1 受巨噬细胞集落刺激因子调控,可诱导单核细胞分化为破骨细胞,引发骨吸收并加重炎症^[22]。同时,MCP-1 还能募集单核细胞、T 细胞和嗜碱性粒细胞至炎症部位,推动炎症反应进程^[23]。有研究发现,维生素 D 通过与核受体结合来抑制核因子- κ B 信号通路的活化,进而减少炎症因子的表达^[24-25];同时可下调单核细胞表面 Toll 样受体的表达,抑制 MCP-1 介导的炎症细胞趋化^[26]。本研究结果显示,干预后观察组 IL-6、TNF- α 、MCP-1、CRP 水平显著低于对照组,提示维生素 D 联合营养支持和运动干预可有效

降低炎症水平,这可能是导致观察组患者肌肉功能显著提升的关键因素之一。值得注意的是,营养支持可为肌肉合成提供必要的底物,从而拮抗炎症介导的分解代谢;而运动干预则可能通过促进肌肉源性抗炎因子的分泌,进一步增强维生素 D 的抗炎效果。然而,该干预方案对炎症信号通路及肌肉代谢调节的影响,仍需进一步探讨。

综上所述,维生素 D 联合营养支持与运动干预可有效改善老年肌少症患者的肌肉功能,提高血清 25 (OH) D₃ 水平,降低炎症因子水平,值得临床推广。

参 考 文 献 :

- [1] PETERMANN-ROCHA F, BALNTZI V, GRAY S R, 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.
- [2] CHEN L K, LIU L K, WOO J, et al. Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia[J]. J Am Med Dir Assoc, 2014, 15(2): 95-101.
- [3] 蒋欢欢,申慧琴,王志秀,等. 参苓白术散治疗老年男性肌少症的成本-效用分析[J]. 药物流行病学杂志, 2023, 32(4): 376-383.
- [4] 崔华,王朝晖,吴剑卿,等. 老年人肌少症防控干预中国专家共识(2023)[J]. 中华老年医学杂志, 2023, 42(2): 144-153.
- [5] ABRAMS G D, FELDMAN D, SAFRAN M R. Effects of vitamin D on skeletal muscle and athletic performance[J]. J Am Acad Orthop Surg, 2018, 26(8): 278-285.
- [6] GOISSER S, KOB R, SIEBER C C, et al. [Diagnosis and therapy of sarcopenia-an update][J]. Internist (Berl), 2019, 60(2): 141-148.
- [7] 方孟,戴敏,杨文娟,等. 有氧联合抗阻运动对老年维持性血液透析肥胖型肌少症患者的影响[J]. 护理学杂志, 2023, 38(5): 95-100.
- [8] 张林英,梅群超,张炜琦,等. 维生素 D₃ 联合低强度抗阻运动治疗老年肌少症的疗效及对患者血清炎症水平的影响[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(4): 855-857.
- [9] 邵伟华,高丽霞,王素星,等. 维生素 D 联合抗阻训练对老年肌少症患者骨骼肌质量、日常生活活动能力及血清学指标的影响[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2020, 19(9): 656-660.
- [10] 中国康复医学会康养工作专家委员会. 中国老年人肌少症临床康复治疗指南[J]. 加速康复外科杂志, 2022, 5(1): 1-7.
- [11] 蒋欢欢,陈冬,申慧琴,等. 老年肌少症患者实施营养运动干预的效果评价[J]. 现代预防医学, 2023, 50(18): 3383-3388.
- [12] 蒋欢欢,陈冬,付爱双,等. 老年肌少症患者接受参苓白术散联合营养支持和运动干预的临床评价[J]. 中国药房, 2024, 35(21): 2652-2657.
- [13] WOO J. Sarcopenia[J]. Clin Geriatr Med, 2017, 33(3): 305-314.
- [14] KAMWA V, HASSAN-SMITH Z K. The inter-relationship between marginal vitamin D deficiency and muscle[J]. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes, 2019, 26(6): 322-328.

- [15] RONDANELLI M, CEREDA E, KLERSY C, et al. Improving rehabilitation in sarcopenia: a randomized-controlled trial utilizing a muscle-targeted food for special medical purposes[J]. *J Cachexia Sarcopenia Muscle*, 2020, 11(6): 1535-1547.
- [16] 杜春雨, 王佳贺. 维生素 D 缺乏与肌少症的研究进展[J]. *实用老年医学*, 2020, 34(4): 317-319.
- [17] BANERJEE A, MAROTTA F, SRIRAMULU S, et al. Beyond physical exercise: the role of nutrition, gut microbiota and nutraceutical supplementation in reducing age-related sarcopenia[J]. *Curr Aging Sci*, 2021, 14(2): 94-104.
- [18] ZHAO C Y, GONG Y R, ZHENG L, et al. Untargeted metabolomic reveals the changes in muscle metabolites of mice during exercise recovery and the mechanisms of whey protein and whey protein hydrolysate in promoting muscle repair[J]. *Food Res Int*, 2024, 184: 114261.
- [19] van den HEUVEL E G, LIPS P, SCHOONMADE L J, et al. Comparison of the effect of daily vitamin D₂ and vitamin D₃ supplementation on serum 25-Hydroxyvitamin D concentration (total 25(OH)D, 25(OH)D₂, and 25(OH)D₃) and importance of body mass index: a systematic review and meta-analysis[J]. *Adv Nutr*, 2024, 15(1): 100133.
- [20] ZHANG L, MAO D M, ZHANG Q. Correlation between sarcopenia and nailfold microcirculation, serum 25-hydroxycholecalciferol (vitamin D₃) and IL-17 levels in female patients with rheumatoid arthritis[J]. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2021, 165(3): 264-269.
- [21] BANO G, TREVISAN C, CARRARO S, et al. Inflammation and sarcopenia: a systematic review and meta-analysis[J]. *Maturitas*, 2017, 96: 10-15.
- [22] LIU Y L, XU K, XIANG Y H, et al. Role of MCP-1 as an inflammatory biomarker in nephropathy[J]. *Front Immunol*, 2024, 14: 1303076.
- [23] DATTA C, DAS P, SWAROOP S, et al. Rac1 plays a crucial role in MCP-1-induced monocyte adhesion and migration[J]. *Cell Immunol*, 2024, 401 - 402: 104843.
- [24] KEMMLER W, KOHL M, JAKOB F, et al. Effects of high intensity dynamic resistance exercise and whey protein supplements on osteosarcopenia in older men with low bone and muscle mass. final results of the randomized controlled FrOST study[J]. *Nutrients*, 2020, 12(8): 2341.
- [25] 邓嘉杰, 阳琰, 蔡玉兰, 等. 不同程度肌少症老年男性骨密度与血清 25 羟维生素 D、鸢尾素的关系[J]. *实用医学杂志*, 2023, 39(3): 321-325.
- [26] JAIN S K, MICINSKI D, PARSANATHAN R. l-Cysteine stimulates the effect of vitamin D on inhibition of oxidative stress, IL-8, and MCP-1 secretion in high glucose treated monocytes[J]. *J Am Coll Nutr*, 2021, 40(4): 327-332.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 惠娟, 张兆岩, 刘沫言, 等. 维生素 D 联合营养支持与运动干预在老年肌少症治疗中的临床效果[J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(22): 54-59.

Cite this article as: HUI J, ZHANG Z Y, LIU M Y, et al. Clinical effects of vitamin D combined with nutritional support and exercise intervention in the treatment of sarcopenia in the elderly[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2025, 35(22): 54-59.