

血清25羟维生素D与老年冠心病患者衰弱关联的研究进展

田昕冉, 徐 霞*

新疆医科大学第七临床医学院, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2025年12月1日; 录用日期: 2025年12月26日; 发布日期: 2026年1月5日

摘要

衰弱常与心血管疾病尤其是冠心病相互作用且共存, 是影响老年冠心病患者不良预后的独立危险因素。血清25羟维生素D在机体中参与免疫调节、骨代谢及血管稳态, 其缺乏与老年人群冠心病及衰弱的发生发展密切相关。本文系统检索PubMed、CNKI、万方等数据库2015~2025年相关文献, 综述血清25-羟维生素D在老年冠心病合并衰弱患者中的水平变化、潜在作用机制及临床干预研究进展。现有证据表明, 血清25羟维生素D缺乏可能通过加重血管损伤、诱发炎症反应等途径促进冠心病患者衰弱发生, 补充维生素D可能改善部分患者的衰弱状态, 但研究结论仍存在争议。未来需开展大样本、多中心、长期随访的队列研究, 明确三者的因果关系及个体化干预策略, 为临床防治提供依据。

关键词

冠状动脉粥样硬化性心脏病, 衰弱, 血清25羟维生素D

Research Progress on the Association between Serum 25-Hydroxyvitamin D and Frailty in Elderly Patients with Coronary Heart Disease

Xinran Tian, Xia Xu*

The Seventh Clinical Medical College of Xinjiang Medical University, Urmuqi Xinjiang

Received: December 1, 2025; accepted: December 26, 2025; published: January 5, 2026

*通讯作者。

文章引用: 田昕, 徐霞. 血清 25 羟维生素 D 与老年冠心病患者衰弱关联的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 243-249. DOI: 10.12677/acm.2026.161036

Abstract

Frailty often interacts with and coexists with cardiovascular diseases, particularly coronary heart disease (CHD), and acts as an independent risk factor for adverse outcomes in elderly patients with CHD. Serum 25-hydroxyvitamin D (25(OH)D) is involved in immune regulation, bone metabolism, and vascular homeostasis in the human body, and its deficiency is closely linked to the development and progression of CHD and frailty in the elderly population. This article systematically searched relevant literature published from 2010 to 2025 in databases including PubMed, CNKI, and Wanfang Data, and reviews the research progress regarding changes in serum 25(OH)D levels, potential mechanisms of action, and clinical interventions in elderly CHD patients complicated with frailty. Existing evidence suggests that serum 25(OH)D deficiency may promote the development of frailty in CHD patients by exacerbating vascular injury and inducing inflammatory responses. Vitamin D supplementation may improve the frailty status of some patients, but research conclusions remain controversial. In the future, large-sample, multi-center, long-term follow-up cohort studies are required to clarify the causal relationship among the three and formulate individualized intervention strategies, thus providing a basis for clinical prevention and treatment.

Keywords

Coronary Atherosclerotic Heart Disease, Frailty, Serum 25-Hydroxyvitamin D

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

随着全球人口老龄化进程加速,老年综合征的临床管理已成为现代医学面临的重要挑战。其中,冠心病与衰弱综合征在老年人群中的共存现象引起临床医生的关注。衰弱(Frailty)是一种体现生理储备下降的多系统功能障碍综合征,会导致患者出现多个生理系统的储备减少,从而造成功能衰退,诱发多种并发症及其他不良后果。衰弱常与心血管疾病尤其是冠心病相互作用且共存。现有大量研究证实,衰弱是影响冠心病患者不良预后的独立危险因素,冠心病合并衰弱者,存在高再入院率、高死亡率以及主要不良心血管事件(Major Adverse Cardiovascular Events, MACE)发生率高的特点,导致其生存率显著下降。因此准确、及时地识别衰弱状态并给予有效的干预措施,对老年冠心病患者的健康管理而言,是疾病防控与预后改善的关键。

近年来发现,血清 25 羟维生素 D (Serum 25-Hydroxyvitamin D)除参与骨代谢外,还与感染、肿瘤及代谢紊乱有关。随着医学研究手段的不断进步,导致代谢综合征、动脉硬化的新危险因素不断被发现和证实[1]。维生素 D 还能够调节血脂代谢,降低血脂水平,减少动脉粥样硬化的发生。观察性研究显示,维生素 D 缺乏不仅与冠心病发生风险增加相关,也与衰弱表型密切相关[2]。

分析血清 25 羟维生素 D(25(OH)D)水平与老年冠心病患者衰弱综合征之间的关联性,探讨其潜在的作用机制,并为临床干预提供理论依据。通过梳理现有证据,期望为这一重要但尚未完全阐明的研究领域提供新的视角。

2. 冠心病概述及流行病学

冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary atherosclerotic heart disease)指冠状动脉(冠脉)发生粥样硬化引

起管腔狭窄或闭塞, 导致心肌缺血缺氧或坏死而引起的心脏病, 简称为冠心病(coronary heart disease, CHD), 也称缺血性心脏病。随着人口老龄化进程加速, 动脉粥样硬化已经成为影响健康最主要疾病之一。根据《中国卫生健康统计年鉴 2021》, 2020 年中国城市居民冠心病死亡率为 126.91/10 万, 农村为 135.88/10 万; 2020 年冠心病死亡率继续 2012 年以来的上升趋势, 农村地区上升明显, 到 2016 年已超过城市水平 [3]。冠心病是动脉粥样硬化导致器官病变的最常见类型, 严重危害人类健康。冠状动脉粥样硬化主要为冠脉血管内皮下脂质斑块产生、堆积造成管腔狭窄致心肌细胞氧供缺乏, 引起胸痛、肩背部放射痛、咽部紧缩感的典型心绞痛等其他症状。由于病理解剖和病理生理变化的不同, 冠心病有不同的临床表型。根据发病特点和治疗原则不同分为两大类: ① 慢性冠脉疾病(chronic coronary artery disease, CAD), 也称慢性心肌缺血综合征(chronic ischemic syndrome, CIS); ② 急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)。前者包括稳定型心绞痛、缺血性心肌病和隐匿性冠心病等; 后者包括不稳定型心绞痛(unstable angina, UA)、非 ST 段抬高型心肌梗死(non-ST-segment elevation myocardial infarction, NSTEMI)和 ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI), 也有将冠心病猝死包括在内。当冠脉的供血与心肌的需血之间发生矛盾, 冠脉血流量不能满足心肌代谢的需要, 就可引起心肌缺血缺氧。暂时的缺血缺氧引起心绞痛, 而持续严重的心肌缺血可引起心肌坏死即为心肌梗死[4]。

3. 老年冠心病患者的衰弱流行特征与危害

一项国内单中心研究回顾性分析了 326 例接受 PCI 治疗的老年冠心病患者的临床资料, 发现术后患者中衰弱发生率高达 41.10% [5], 且衰弱患者的心功能和运动平衡功能明显低于非衰弱患者; Damluji 等使用 Fried 衰弱量表评估研究分析 4656 名老年人衰弱发生率为 26.0%, 在 1213 名患有冠心病史的人群中, 347 名(28.6%)患者发生衰弱[6]; 另一项研究在 352 名患者中, 根据评估标准, 有 152 人被认定为身体虚弱(43.18%), 另有 93 人被认定为中度或重度虚弱(26.42%) [7], 整体高于普通老年人群, 其中, 年龄增长、冠心病病程延长、心功能分级加重是核心影响因素, 上述因素可显著增加患者术后衰弱的发生风险, 并对其术后功能恢复进程及最终成效产生负面影响; 与此同时, 随年龄增长, 患者心肌细胞功能呈进行性衰退, 继而引发心脏收缩功能下降, 进一步加剧心功能损害与减弱。尤其对于高龄群体而言, 叠加多病共存状态后, 不仅易诱发心肌损伤、加速心功能下降进程, 还会显著升高心力衰竭发生及各类并发症出现的风险[8]。研究提示, 衰弱状态与心功能不佳存在明确正相关, 且该状态可导致患者运动功能及平衡能力受损, 二者相互作用, 最终延缓患者术后整体康复进程。

4. 血清 25(OH)D 在老年冠心病患者中的水平现状与影响

一项多中心研究, 利用全国多家中心临床大数据来评估我国老年人群不同性别及年龄段维生素 D 水平的分布特征, 分析老年人群维生素 D 充足率为 7.01% (383/5464), 不足率为 24.18% (1321/5464), 缺乏率为 68.81% (3760/5464) [9], 提示老年人群中维生素 D 普遍缺乏。且中国老年人群血清 25(OH)D 平均水平较低, 内部区域差异大, 呈南高北低的分布趋势[10], 季节、地域、基础营养状况是主要影响因素, 应加强对北方地区老年人合理补充维生素 D 的相关指导。365 例老年患者 25(OH)D 中位数水平低(35.3 nmol/L), 77.5% (283 例)为缺乏状态, 冠状动脉双支病变及 3 支病变患者 25(OH)D 低于非冠心病患者($P < 0.01$) [11]。通过对比分析证实, 老年冠心病患者的血清 25(OH)D 水平显著低于非冠心病群体, 且其水平与冠状动脉病变支数、狭窄程度呈负相关[12]。一项前瞻性研究, 选择 109 例行冠脉 CT 的冠心病患者为研究对象, 干预组给予补充维生素 D, 干预组患者治疗后冠状动脉 Gensini 评分低于治疗前, 冠状动脉 Gensini 评分的差值大于对照组($P < 0.05$) [13]。近年来的大量研究证实维生素 D 具有参与组织细胞的分化、增殖和活性调节, 能够减轻血管炎症, 改善血管内皮功能, 包括抑制巨噬细胞胆固醇摄取、下调血

管平滑肌细胞增殖和迁移、抑制炎症引发的内皮活化和内皮黏附分子的表达[14]。维生素 D 还有助于维护血管内皮细胞的完整性, 减少血管损伤, 促进血管内皮细胞的再生和修复, 这些作用都有助于降低冠心病及其相关心血管疾病的风险。

5. 老年人群中血清 25(OH)D 与衰弱的相关性

近年来, 国外研究表明老年衰弱综合征与维生素 D 关系密切, 与非衰弱老年人相比, 患有老年衰弱综合征的老年人血清 25(OH)D 水平处于较低水平, 另有研究显示, 维生素 D 还与发展为老年衰弱综合征的风险增加有关[15]。维生素 D 通过广泛存在于各种组织细胞的维生素 D 受体(vitamin D receptor, VDR)发挥作用, 这些组织细胞包括肠、骨骼肌、肾脏、甲状腺、免疫细胞、大脑皮层及海马体等。25(OH)D 作用于这些组织细胞内的 VDR 后, 发挥许多非经典作用, 包括抑制细胞增生、刺激细胞分化、抑制血管生成、刺激胰岛素合成、抑制肾素合成、刺激巨噬细胞内抑菌肽合成、抑制 PTH 合成、促进骨骼肌细胞钙离子内流、调节炎症及免疫反应、抗氧化、保护神经等参与抗衰弱等保护作用[16]。维生素 D 代谢物 1,25(OH)2D 可通过与免疫细胞上的 VDR 结合从而抑制 IL-12, 起到抗炎的作用[17]。维生素 D 缺乏也可继发甲状腺功能亢进引发骨溶解, 导致骨质疏松, 甚至骨折的发生, 而骨折能加剧衰弱和骨质疏松的进展, 导致失能、残疾等不良事件的发生。衰弱的防治应聚焦线粒体功能障碍和能量代谢紊乱, 这是衰弱的 2 个特征[18]。体内研究结果显示, 3 个月饮食诱导的维生素 D 缺乏减少了 C57BL/6 小鼠的骨骼肌线粒体呼吸, 该结论与体外观察结果均表明, 维生素 D 介导的线粒体功能调节可能是维生素 D 缺乏期间肌肉疲劳加重和性能缺陷的基础[19]。通过控制参与线粒体呼吸链和三磷酸腺苷(Adenosine triphosphate ATP)合成的蛋白质核转录, 维生素 D 能防止过度呼吸并限制活性氧产生[20]。

在前瞻性研究和横断面研究中, 维生素 D 水平每上升 10 ng/mL, 衰弱的发生风险分别下降 11% 和 12% [21]。当维生素 D 缺乏时, 肌肉的收缩和增殖等均会受到影响, 引起肌肉功能的缺陷, 改变肌肉的收缩特性, 并增加炎症反应, 这些将直接影响虚弱、疲乏和体重下降, 增加衰弱的风险。此外, 多项研究结果表明 25 羟维生素 D 与起立行走、步速、平衡能力有关, 这些均是影响患者体力活动及正常行走的因素[22]。在瑞典马尔姆开展的一项前瞻性、基于人群的队列研究, 结果提示在 75 岁和 80 岁时, 血清 25(OH)D 水平不足的女性比血清 25(OH)D 水平充足的女性更易出现身体虚弱的症状, 在 80 岁时, 血清 25(OH)D 水平不足与 5 年后的身体虚弱状况之间存在显著关联[23], 其中与肌肉力量和功能相关的衰弱指标和血清 25(OH)D 水平密切关联。

6. 血清 25(OH)D 与老年冠心病患者衰弱相关性

衰弱会增加患者发生心血管事件的风险, 且与冠心病互相影响、互为因果。体内维生素 D 水平不足可能是罹患心脑血管疾病的危险因素, 维生素 D 缺乏可能是冠心病发生机制之一, 而维生素 D 在维持或改善老年人肌肉力量、身体机能和独立方面具有重要作用。聚焦“老年冠心病 + 维生素 D + 衰弱”三者叠加的针对性研究目前仍以横断面研究为主, 但已形成明确核心共识: 老年冠心病患者中, 血清 25(OH)D 缺乏与衰弱发生密切相关, 且该关联具有独立性。

从发生率数据来看, 一项 Meta 分析纳入了 29 篇相关文献共 8022 例患者, 汇总得出中国老年冠心病患者整体衰弱患病率为 32.7%, 亚组分析明确 25(OH)D₃ 是衰弱发生的关键影响因素[24], 其整合的大量横断面研究数据, 进一步印证了老年冠心病患者中 25(OH)D 缺乏与衰弱发生率升高的强关联性。另一项纳入 381 例老年冠心病患者的研究显示, 按 Fried 衰弱表型评分分组后, 衰弱组的血清 25(OH)D₃ 水平显著低于非衰弱组, 且该指标是老年冠心病患者并发衰弱综合征的独立保护因素[25]。多因素回归分析进一步夯实了三者的关联: 在校正年龄、心功能分级、营养状况、合并糖尿病、CCI 指数、肌少症等混杂因素

后, 25(OH)D 缺乏仍是老年冠心病患者衰弱发生的独立危险因素[26]。

血清 25(OH)D 可通过激活血管内皮细胞维生素 D 受体(VDR), 促进内皮型一氧化氮合酶(eNOS)表达, 修复冠状动脉内皮损伤、抑制血管平滑肌细胞增殖, 同时减轻血管壁 TNF- α 、IL-6 介导的炎症反应[27], 降低冠心病患者胸闷、乏力等症状发生率。症状缓解可减少患者因“恐惧发病而主动减少活动”的行为, 避免陷入“活动减少 - 肌肉流失 - 肌力下降 - 衰弱加重”的恶性循环, 为延缓衰弱奠定基础。

从心肌保护层面, 25(OH)D 可通过抑制心肌细胞内凋亡相关蛋白(如 Caspase-3)表达, 减少缺血缺氧导致的心肌细胞凋亡, 改善左心室射血分数(LVEF), 缓解心功能不全; 从肌力维持层面, 其可调控肌肉生长基因(如 MyoD), 促进肌蛋白合成、维持肌肉线粒体功能, 提升患者穿衣、行走等日常活动能力。双重保护作用可降低因“心功能差 + 肌力弱”导致的跌倒风险(跌倒为老年冠心病患者衰弱加重的重要诱因), 进一步延缓衰弱进展。一项纳入 286 例老年稳定性冠心病患者的研究证实, 25(OH)D 充足组患者 LVEF 较缺乏组高 8.5%, 肌力评分高 12.3%, 跌倒发生率及衰弱风险均显著降低[28]。

25(OH)D 还通过增强 T 细胞、巨噬细胞活性调节免疫平衡, 同时抑制促炎因子释放减轻慢性炎症, 可显著降低老年冠心病患者肺部感染、心功能不全加重等并发症发生率——此类并发症会直接增加机体能量与营养消耗, 打破机体代偿平衡, 是诱发或加重衰弱的关键因素。

7. 血清 25 羟维生素 D 与老年冠心病患者衰弱关系现有研究异同点

现有研究在设计、人群与方法上存在显著异质性, 直接导致结论差异。设计层面, 观察性研究占比更高, 部分前瞻性队列研究无随访仅证关联, 仅少部分研究随访 2 年以上可体现时间关联, 而干预性 RCT 虽能探索因果, 但随访时长与对照类型差异明显。人群层面, 纳入标准松紧不一, 且分层依据多样, 基线 25 羟维生素 D 缺乏/不足占比与合并重要基础疾病比例波动大, 衰弱评估方法不一。方法层面, 常用 25 羟维生素 D 检测以高效液相谱法(HPLC)、酶联免疫法(ELISA)及化学发光法, 不同检测方法参考范围可能不同, 结果归为不同水平组, 进而影响结论。结局指标、统计学严谨度也因样本量估算、多因素校正与否而不同。上述异质性共同作用, 使得部分研究显示 25 羟维生素 D 缺乏与冠心病衰弱病变更重、不良结局相关, 部分则未发现显著关联。

8. 血清 25(OH)D 与老年冠心病患者衰弱相关性研究的挑战与对策

当前“老年冠心病 + 维生素 D + 衰弱”三者叠加的针对性研究目前仍以横断面研究为主, 以单中心设计为主, 样本量普遍集中在 200~500 例, 缺乏样本量 ≥ 1000 例的多中心队列研究支撑。单中心研究的人群选择性偏倚较难避免, 且小样本量导致统计检验效能不足, 难以排除地域、诊疗水平等潜在混杂因素的干扰, 无法充分验证 25(OH)D 与老年冠心病患者衰弱之间直接的因果关联, 仅能提供相关性证据。此外, 现有研究中前瞻性队列研究仅 3~5 项, 多数为横断面研究, 无法动态观察 25(OH)D 水平变化与衰弱发生、进展的时序关系, 进一步限制了因果推断的可靠性。且部分研究在统计分析中未全面纳入关键混杂因素, 可能导致结果偏倚。从生理代谢角度, 肾功能不全可影响 25(OH)D 的活化与代谢, 而老年冠心病患者常合并肾功能下降, 未校正该因素会混淆 25(OH)D 与衰弱的真实关联; 从生活方式角度, 规律运动既能促进皮肤合成 25(OH)D, 又能直接改善肌肉量与肌力以延缓衰弱, 属于典型的“共同混杂因素”, 遗漏该变量会高估或低估两者的关联强度。此外, 部分研究对营养状况、合并用药(如影响维生素 D 代谢的抗癫痫药、抗结核药)等混杂因素的校正不够全面, 进一步降低了研究结果的可信度。

目前现有相关研究几乎无针对“补充 25(OH)D 能否改善老年冠心病患者衰弱”的随机对照试验(RCT), 现有证据多来自观察性研究, 无法明确补充 25(OH)D 的临床有效性。具体而言, 缺乏对该人群的最佳补充剂量(如每日 800 IU vs 2000 IU 及以上)、适宜给药方式(口服补充剂 vs 日光照射 vs 食物摄

入)及合理干预周期的研究数据, 且未明确不同心功能分级、衰弱程度患者的个体化补充方案。同时, 部分大样本干预研究虽涉及老年人群维生素 D 补充与心血管预后, 但未聚焦冠心病合并衰弱亚组, 导致研究结论难以直接应用于临床, 无法为该群体的衰弱防治提供可操作的实践依据。

9. 临床启示与未来研究议程

及时发现冠心病相关危险因素并早期进行干预对于预防、控制冠心病起到至关重要的作用, 探讨心脑血管疾病患者的 25 羟维生素 D 与冠心病合并衰弱的关系, 为冠心病的发生提供早期预防价值, 进而减少冠心病及其他心脑血管疾病的发生, 提高患者生活质量、生活水平, 能为心脑血管疾病患者提供更加全面的管理建议。未来需开展大样本、多中心、长期随访的队列研究, 通过追踪老年冠心病患者的 25(OH)D 水平变化与衰弱发生情况, 明确两者的因果关联。结合《中国老年冠心病诊疗指南(2024 年)》《老年人衰弱预防与干预中国专家共识(2023 年)》及现有高级别证据, 针对老年冠心病患者衰弱的筛查与管理, 提出可供临床参考的建议。目前临幊上常用衰弱评估量表包括 Frail 筛查量表、衰弱指数(FI)、Fried 衰弱表型等。优先对老年冠心病患者中“高风险亚群”启动筛查, 包括: 年龄 ≥ 75 岁的冠心病患者、合并 2 种及以上共病的冠心病患者、既往发生过急性冠脉事件 3 个月内的老年患者、出现非刻意体重下降或活动能力明显减退的冠心病患者。首次筛查应在冠心病确诊或入院时同步完成, 后续随访中, 病情稳定者每 3~6 个月复查 1 次; 在发生冠脉事件、调整治疗方案或出现衰弱相关信号时, 需及时复筛, 避免错过通路干预的最佳时机。在患者管理方面, 根据患者病情, 从营养支持、运动干预、疾病管理等方面给予患者个性化方案。

目前老龄化进程加剧, 老年年龄跨度大, 若能突破“笼统老年人群”局限, 按“冠心病类型 + 衰弱程度 + 核心合并症”进行三维分层, 如冠心病类型、衰弱程度、核心合并症, 以期能明确不同亚群的衰弱进程差异。纳入“特殊高风险人群”, 填补研究空白, 如 ≥ 80 岁的超高龄冠心病患者、长期卧床的冠心病患者、接受多支血管 PCI 的衰弱患者, 这类人群现有研究数据较少, 但临床需求迫切, 研究结果更具针对性。

可结合分子生物学技术, 探索 25(OH)D 在“冠心病 - 衰弱”进程中的关键作用靶点, 为两者关联提供更精准的理论支撑, 进一步验证血清 25(OH)D 与老年冠心病患者衰弱的相关性, 为领域研究补充基础数据。

参考文献

- [1] 周小丁, 关佳欣, 范鹰. 维生素 D 代谢与胆固醇致心血管疾病的关系[J]. 临床心血管病杂志, 2024, 40(12): 963-966.
- [2] Ijaz, N., Buta, B., Xue, Q.L., et al. (2022) Interventions for Frailty among Older Adults with Cardiovascular Disease. *Journal of the American College of Cardiology*, **79**, 482-503. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2021.11.029>
- [3] 胡盛寿, 王增武. 《中国心血管健康与疾病报告 2022》概述[J]. 中国心血管病研究, 2023, 21(7): 577-600.
- [4] 陈灏珠, 钟南山, 陆再英, 主审, 葛均波, 徐永健, 王辰, 主编, 唐承薇, 肖海鹏, 王建安, 曾小峰, 副主编. 内科学[M]. 第 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2022: 11.
- [5] 陈李娜, 高云静. 老年冠心病患者 PCI 术后衰弱状态与功能恢复的相关性分析[J]. 现代医学, 2025, 53(4): 647-653.
- [6] Damluji, A.A., Chung, S., Xue, Q., Hasan, R.K., Walston, J.D., Forman, D.E., et al. (2021) Physical Frailty Phenotype and the Development of Geriatric Syndromes in Older Adults with Coronary Heart Disease. *The American Journal of Medicine*, **134**, 662-671.e1. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.09.057>
- [7] Kang, L., Zhang, S.Y., Zhu, W.L., Pang, H.Y., Zhang, L., Zhu, M.L., Liu, X.H. and Liu, Y.T. (2015) Is Frailty Associated with Short-Term Outcomes for Elderly Patients with Acute Coronary Syndrome? *Journal of Geriatric Cardiology*, **12**, 662-667.

- [8] 宋俊迎, 王琼, 李凤德. 老年人冠心病患病及冠状动脉病变严重程度的相关因素分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2023, 25(7): 761-763.
- [9] 李海侠, 龚美亮, 邓新立, 等. 中国老年人维生素 D 水平多中心调查分析[J]. 中华检验医学杂志, 2021, 44(1): 39-44.
- [10] 杨文婕, 葛焱, 王晶, 等. 健康老年人血清 25-羟基维生素 D 参考值的地理差异与地理影响因素——以中国为例 [C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会 2021 年科学技术年会论文集(三). 陕西师范大学地理科学与旅游学院健康地理研究所, 西安交通大学第二附属医院, 2021: 345-352.
- [11] 耿慧, 刘梅林, 田清平, 等. 维生素 D 与老年人高血压及靶器官损害的相关性研究[J]. 中华老年医学杂志, 2017, 36(7): 719-723.
- [12] 姜小琴, 李方安, 王艳萍. 老年冠心病患者血脂、血清 25-羟维生素 D 水平及其与冠状动脉粥样硬化性病变的关系[J]. 临床误诊误治, 2021, 34(1): 58-62.
- [13] 周小莉, 王一春, 石惠. 补充维生素 D 对冠心病患者冠状动脉病变程度的影响[J]. 中国临床医学, 2020, 27(1): 60-64.
- [14] 李春莉, 李玉梅, 卢京, 等. 血清维生素 D 水平与原发性高血压患者血管内皮功能及血浆肾素活性的关系[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2018, 39(6): 865-870.
- [15] Ensrud, K.E., Ewing, S.K., Fredman, L., Hochberg, M.C., Cauley, J.A., Hillier, T.A., et al. (2010) Circulating 25-Hydroxyvitamin D Levels and Frailty Status in Older Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **95**, 5266-5273. <https://doi.org/10.1210/jc.2010-2317>
- [16] Saponaro, F., Saba, A. and Zucchi, R. (2020) An Update on Vitamin D Metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 6573. <https://doi.org/10.3390/ijms21186573>
- [17] 戴靖榕, 李婕, 何旭, 等. 慢性疾病稳定期老年患者 25-羟维生素 D 及白介素 6 与衰弱的相关性研究[J]. 中国全科医学, 2021, 24(36): 4599-4606.
- [18] Fridell, Y. and Sierra, F. (2018) Metabolic Aspects of Aging. *Progress in Molecular Biology and Translational Science*, **155**, 11-23. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2017.12.015>
- [19] Ashcroft, S.P., Fletcher, G., Philp, A.M., Jenkinson, C., Das, S., Hansbro, P.M., et al. (2021) Diet-Induced Vitamin D Deficiency Reduces Skeletal Muscle Mitochondrial Respiration. *Journal of Endocrinology*, **249**, 113-124. <https://doi.org/10.1530/joe-20-0233>
- [20] Ricca, C., Aillon, A., Bergandi, L., Alotto, D., Castagnoli, C. and Silvagno, F. (2018) Vitamin D Receptor Is Necessary for Mitochondrial Function and Cell Health. *International Journal of Molecular Sciences*, **19**, Article 1672. <https://doi.org/10.3390/ijms19061672>
- [21] Ju, S.Y., Lee, J.Y. and Kim, D.H. (2018) Low 25-Hydroxyvitamin D Levels and the Risk of Frailty Syndrome: A Systematic Review and Dose-Response Meta-Analysis. *BMC Geriatrics*, **18**, Article No. 206. <https://doi.org/10.1186/s12877-018-0904-2>
- [22] Zeng, X.K., Shen, S.S., Chu, J.J., et al. (2016) Relationship of Serum Vitamin D Level on Geriatric Syndromes and Physical Performance Impairment in Elderly Hypertensive Patients. *Journal of Geriatric Cardiology*, **13**, 537-545.
- [23] Buchebner, D., Bartosch, P., Malmgren, L., McGuigan, F.E., Gerdhem, P. and Akesson, K.E. (2019) Association between Vitamin D, Frailty, and Progression of Frailty in Community-Dwelling Older Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, **104**, 6139-6147. <https://doi.org/10.1210/jc.2019-00573>
- [24] 王晓霞, 曹学华, 熊浪宇, 等. 中国老年冠心病患者衰弱患病率及影响因素的 Meta 分析[J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2024, 32(2): 77-85.
- [25] 马树灿, 李茹, 刘智芬, 等. 血清 25(OH)D₃、IL-6 在老年冠心病并发衰弱综合征诊断中的价值[J]. 山东医药, 2022, 62(22): 24-28.
- [26] 曹婧然, 董福强, 张立剑, 等. 老年冠心病患者的营养风险、肌少症和衰弱筛查分析[J]. 中华老年病研究电子杂志, 2024, 11(2): 5-9.
- [27] 杨光, 毛婷婷, 陈红蕾, 等. 冠心病患者血清 ox-LDL、SAA、IL-6、25(OH)D₃ 表达及临床意义[J]. 医药论坛杂志, 2024, 45(12): 1332-1337.
- [28] 李鑫, 梁馨月, 方宁远, 等. 老年稳定性冠状动脉粥样硬化性心脏病患者合并衰弱综合征的影响因素分析[J]. 上海交通大学学报(医学版), 2020, 40(12): 1627-1631.