© 2026 国际老年医学杂志编辑部 © 2026 Editorial Office of *International Journal of Geriatrics*

# 高海拔环境对老年抑郁症的影响因素及干预措施研究进展*

蒋 微[1] 张凤英[2] 谢小凤[2]**

[1]四川大学华西护理学院 四川大学华西医院全科医学中心，四川 成都 610041；[2] 四川大学华西护理学院，四川 成都 610041

[摘 要] 高海拔地区具有气候寒冷、气压低、氧分压低、湿度低以及风力强等典型特征，这些因素可通过社会经济环境、空气质量、肠道微生物群失调、炎症反应、睡眠障碍、认知障碍以及营养失调等严重影响老年人身心健康，增加抑郁症的发生风险。药物、运动、心理以及营养为高海拔地区老年抑郁症的干预重点。该文对上述高海拔环境对老年抑郁症的影响及干预的研究现状作一综述，旨在为后期制定该地区老年抑郁症特有的管理方案提供新思路。

[关键词] 高海拔；抑郁症；老年人；干预

**doi**：10.3969/j.issn.1674-7593.2026.03.016

## Advances in understanding the determinants and interventions of depressive symptoms in high-altitude elderly populations

Jiang Wei[1], Zhang Fengying[2], Xie Xiaofeng[2]**

[1]West China College of Nursing, Sichuan University / General Practice Ward, International Medical Center Ward, General Practice Medical Center, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; [2]West China College of Nursing, Sichuan University, Chengdu 610041, China

** Corresponding author: Xie Xiaofeng, email: xiexiaofeng@wchscu.cn

[**Abstract**] High-altitude regions are defined by a frigid environment, reduced atmospheric pressure, diminished oxygen partial pressure, low humidity, and intense winds. These factors significantly impact the physical and mental health of the elderly by influencing the socio-economic environment, air quality, gut microbiome dysbiosis, inflammatory responses, sleep disruptions, cognitive impairments, and dietary imbalances, consequently elevating the risk of depression. The intervention for geriatric depression at high altitude centers on medication, exercise, psychological therapies, and diet. This article examines the existing research on the effects of high-altitude environments on geriatric depression and its interventions, both domestically and internationally, with the objective of offering novel insights for the formulation of management strategies for geriatric depression in high-altitude settings in the future.

[**Key words**] High-Altitude; Depression; Elderly; Intervention

随着全球人口老龄化加剧，老年人的健康状况受到广泛关注。老年人常常多病共存，多种疾病相互作用使其更易发生衰弱，产生严重的心理障碍。抑郁症已成为危害老年人身心健康的主要疾病之一，可能导致老年人食欲下降、愉悦感丧失、认知功能障碍、体力活动减弱甚至残疾，严重者可出现自杀倾向[1]。抑郁症与环境、生物、心理和遗传等多种因素相关，高海拔是最主要的环境影响因素之一[2]。高海拔被定义为海拔高度 2 500 m 及以上的地区，与低海拔地区相比，抑郁症患病率更高。青藏高原藏族人群抑郁症患病率为 28.6%，显著高于中国平原地区（5.3% ~ 23.8%）[3]。同样，秘鲁高海拔地区超过 12%的人群有抑郁症状，仅不到 6%的人能接受治疗，且重度抑郁症大约是低海拔地区的 6 倍[4-5]。由于长期暴露在高海拔环境，老年人更容易受慢性低压缺氧和大气压波动的影响，生活在 2 300 m 以上高海拔养老院的老年人抑郁症患病率高达 59.4%，是生活在低海拔地区（平均海拔 10 m）老年人的 5 倍[6]。本文对高海拔地区老年抑郁症的影响因素与干预措施进行综述，以期提高人们对该地区老年抑郁症的重视，从而提升老年群体的晚年福祉。

## 1 高海拔地区老年抑郁症的影响因素

### 1.1 社会经济环境

在高海拔地区，受地形和气候环境的限制，其经济发展通常滞后于平原地区，年轻人为提高收入大量涌入经济发达地区工作，导致高海拔地区空巢老人现象日益凸显[7]。由于缺乏照料及陪护，空巢老人更为脆弱，极易产生负面情绪。加之居住环境恶劣、社会福利差以及养老金不足，老年人更易遭受贫困和低社会经济地位的影响，产生巨大的精神压力，增加其患抑郁症的易感

收稿日期：2025-08-30 修回日期：2025-10-10 录用日期：2025-10-11

*国家自然科学基金项目（72271172）

**通信作者：谢小凤，电子邮箱 xiexiaofeng@wchscu.cn

性[8]。除此之外，人口密度对抑郁症的影响也至关重要[9]。海拔是影响人口密度的主要地形因子，随着海拔增高，人口密度不断降低[10]。低人口密度可造成社交隔离以及优质心理健康服务的普及和获取受限，即使个体出现心理健康问题，也难以及时寻求专业人士的帮助，容易错过最佳治疗时机，导致抑郁情绪不断恶化，甚至增加自杀风险[9]。

**1.2** 空气质量

高海拔地区氧气稀薄，人们静息时每分钟通气量大约是平原地区的两倍，即使暴露在与平原地区相同的空气污染物浓度中，高海拔地区人群每日吸入的空气污染物也会更多[11]。近年来，随着高海拔空气中 PM2.5、$SO_2$、$NO_2$ 和 CO 等污染物含量的逐渐增高，使得长期暴露于低氧环境中的老年人的呼吸系统更加脆弱，难以有效排出这些吸入的有害物质[12]。PM2.5 粒径小，会通过呼吸道沉积在肺泡中，从而诱发炎症反应，不仅损害呼吸功能，还可能穿透血脑屏障，激活小胶质细胞，释放促炎细胞因子和产生大量反应活性氧，使下丘脑-垂体-肾上腺轴发生失调，导致大脑结构和功能发生变化，进而增加抑郁和自杀风险[13]。$SO_2$、$NO_2$ 和 CO 等气态污染物可能会刺激呼吸道黏膜，引起气道收缩、炎症和氧化应激，增加抑郁症患病风险[14]。尤其是寒潮和 PM2.5 的联合暴露，不仅危害老年人身体状况，还会损伤心理健康，使其更易产生抑郁症状[12]。

**1.3** 肠道微生物群失调

肠道微生物主要通过合成色氨酸来促进 5-羟色胺（5-hydroxy tryptamine，5-HT）产生，而短链脂肪酸（Short-chain fatty acids，SCFA）有助于促进 5-HT 释放[15]。5-HT 是一种神经递质，有助于维持情绪稳定，减少焦虑和抑郁的发生。高海拔缺氧环境容易使肠道微生物群发生改变，致使 SCFA 代谢紊乱，造成 5-HT 缺失，使色氨酸被代谢为犬尿氨酸，高水平犬尿氨酸与情绪相关疾病的发生密切相关[16]。缺氧环境还会增加肠道活性氧自由基的释放，这些自由基会损伤黏膜上皮细胞并破坏紧密连接蛋白，导致肠道屏障受损和通透性增加，使大分子、细菌和脂多糖穿透黏膜屏障，容易引起全身炎症反应，诱发下丘脑-垂体-肾上腺轴调节失衡，促使氧化应激、5-HT 合成降低以及神经营养因子通路障碍等，最终引发抑郁症[17]。此外，高海拔缺氧环境还可能导致肠道有益菌减少和潜在致病菌增加。高海拔人群的肠道内存在丰富的螺旋体致病菌，以厚壁菌为代表的有益菌却显著较少，而厚壁菌的缺乏与老年抑郁症的发生显著相关[18]。另一项动物模型实验发现，高海拔环境导致小鼠肠道内梭菌和拟杆菌为主的有害菌显著增加，这些病原菌不仅导致肠道炎症，还可引发抑郁症[19]。

**1.4** 炎症反应

机体免疫系统长期暴露于缺氧环境下更容易发生失衡，导致白细胞介素-6（Interleukin-6，IL-6）、肿瘤坏死因子-α（Tumor necrosis factor alpha，TNF-α）和 C 反应蛋白（C-reactive protein，CRP）等炎症标志物增加[20]。这些促炎因子一旦穿过血脑屏障，可引发与情绪相关的神经递质（如 5-HT、多巴胺和谷氨酸等）代谢紊乱、神经发生减少以及炎症反应增加，从而诱发抑郁症[21]。高海拔环境还会使全身组织氧气供应不足，组织缺氧会诱导胰岛素抵抗和脂蛋白代谢异常，而胰岛素、空腹血糖、甘油三酯、低密度脂蛋白和高密度脂蛋白等可通过降低细胞的能量代谢，减少神经递质合成以及加剧炎症反应促进抑郁症的发生[22]。另外，高海拔地区居民的膳食结构较不合理，主要以红肉为主的高脂饮食摄入较多，蔬菜和水果摄入不足。而食用大量红肉、加工肉类、精制谷物、高糖和高脂肪等为特征的饮食模式与老年抑郁症的发生密切相关[23]。其影响机制可能在于不合理的饮食模式会促使海马中关键促炎细胞因子增加（如 IL-6 和 TNF-α），促进海马中 5-HT 转运蛋白表达，导致突触间隙 5-HT 清除加速和利用度降低，进而诱导抑郁样行为[24]。

**1.5** 睡眠障碍

高海拔地区养老院中老年人睡眠障碍发生率高达 41.54%，显著高于低海拔地区的 18.76%，且抑郁症较重的老年人更容易出现睡眠障碍[25]。可能因为缺氧和低气压会导致老年人高呼吸暂停/低通气指数，以致机体对空气的感知不足而造成睡眠结构改变、频繁觉醒以及失眠。大脑中 5-HT 代谢紊乱和分泌减少，从而引起偏头痛及肠道微生物群失调，使容易受昼夜节律影响的厚壁菌等抗炎细菌丰度降低，导致促炎性肠道病原体（如 γ 变形菌纲和肠杆菌科）增加，使血浆中 IL-6 水平升高，进而加速认知功能恶化和诱发抑郁症[26]。

**1.6** 认知障碍

长期生活在高海拔地区的老年人认知障碍患病率高达 94.7%，罹患抑郁症的风险也更高[27]。且其处理速度和注意力明显低于低海拔地区[28]。而处理速度和注意力是抑郁症重要的评估标准。究其原因可能在于长期处于低压低氧环境下左侧颞叶上极、双侧颞中极和右侧中回的灰质密度降低，学习、记忆和执行功能下降，进而增加抑郁症的发生风险[29]。缺氧还容易抑制兴奋性氨基酸再摄取，致使大量的谷氨酸递质进入突触间隙，诱导神经元死亡，该过程与老年抑郁症的复发相关[30]。

**1.7** 营养失调

高海拔缺氧环境下，老年人发生营养不良风险高达 63.3%，其抑郁症患病率显著高于营养正常者[31]。分析原因在于，高海拔地区气候寒冷、平均日照时间短，影响维生素、微量营养元素和膳食纤维的摄入。多位学者发现，高海拔地区的

老年人饮食中叶酸、铁、铜、维生素B以及维生素D等营养素摄入不足[32-33]。叶酸作为重要的B族维生素，进入人体后可转化为5-甲基四氢叶酸，后者参与大脑5-HT和多巴胺等单胺类神经递质的合成与代谢，缺乏时，可导致情绪和心境障碍[32]。血液中维生素D水平不足时可导致其受体水平降低，致使神经递质合成失衡，加剧炎症和氧化应激反应等，从而使脑内胆碱类、多巴胺和去甲肾上腺素等分泌减少，这些物质对抑制抑郁症具有重大意义[33]。膳食纤维作为重要的营养素之一，长期缺乏会改变肠道微生物群的构成，而肠道微生物群与抑郁症的发生关系密切。

## 2 高海拔地区老年抑郁症的干预策略

### 2.1 药物干预

选择性5-HT再摄取抑制剂是目前治疗老年抑郁症的一线药物，包括舍曲林、氟西汀、帕罗西汀和艾司西酞普兰等。然而，动物研究发现，高海拔缺氧不仅会降低大鼠脑中5-HT水平，还可导致氟西汀、帕罗西汀和艾司西酞普兰的药效减弱，但舍曲林却较少受缺氧的影响，能显著改善5-HT能和多巴胺能传递，可考虑作为高海拔地区抗抑郁治疗的首选药物[34]。在动物模型中，人参皂苷及其生物活性化合物人参皂苷-14（Gypenoside-14，GP-14）可显著抑制TNF-α、IL-6等促炎细胞因子上调，不仅减轻了小鼠因低压缺氧产生的血清和神经炎症反应，还改善了焦虑和抑郁行为[35]。未来，GP-14有望成为高海拔地区治疗抑郁症的一种新兴化合物。槲皮素具有减弱氧化应激反应的作用。另一项基础研究表明，将雄性成年大鼠暴露于低压缺氧环境7 d，口服槲皮素，可提高大鼠体内抗氧化和自由基清除酶系统，显著改善因缺氧诱导的记忆障碍和抑郁症状[36]。

### 2.2 非药物干预

**2.2.1 运动干预** 常规参与体育锻炼的老年人抑郁症和痴呆发生率较低。苏达山瑜伽是一种以循环呼吸为主的有氧运动，可有效用于高海拔地区抑郁症的辅助治疗，长期坚持有利于改善睡眠质量，降低焦虑、抑郁的发生[37]。太极拳、八段锦和五禽戏能有效促进血液循环，增加5-HT水平并提高身体对缺氧环境的耐受，尤其是太极拳不仅可预防老年人跌倒，还有利于改善睡眠，提高认知、运动和学习能力，被认为是预防老年抑郁症的最佳运动方案[38]。此外，60 min/次，3次/周，为期8周的中强度有氧与力量训练相结合可有效降低高海拔环境中老年人的炎症指标，为其身心提供全面益处[39]。综上所述，体育锻炼是一种有效且实惠预防和治疗抑郁症的方法，高海拔地区的老年人应根据自身情况选择适合的运动项目，以达到更安全的治疗效果。

**2.2.2 心理治疗** 高海拔地区道路崎岖，容易限制老年人的户外活动，使其社会交往较少，更易产生强烈的孤独感，以致情绪消极。认知行为疗法（Cognitive behavioral therapy，CBT）是一种应用广泛的心理治疗方法。CBT治疗师可定期给予高海拔地区老年人心理支持，耐心倾听其面临的困扰，并给予理解、鼓励和实用建议，引导老年人将生理反应视为高海拔生活的正常部分，鼓励其逐步参与社交活动，打破自我孤立，从而增强其心理韧性，预防抑郁症的恶化。此外，还可借鉴非高海拔地区老年抑郁症的心理干预方式，如3次/周，共计16周的运动认知双重干预（每次30 min的体育锻炼后进行30～45 min的认知课程）可有效改善老年人的认知衰弱以及降低抑郁症的发生[40]。

**2.2.3 营养支持** 维生素$B_2$具有抗氧化和维持身体能量代谢的作用，当缺乏时可加重缺氧对机体的影响，推荐居住在高海拔人群的维生素$B_2$摄入量为2.5 mg/d[41]。维生素D可通过紫外线照射获取，每周2次，每次5～30 min，于早上10点和下午4点以后（夏季），在阳光下暴露双手或双腿，相当于摄入10 000-20 000 IU的维生素$D_3$[41]。由于高海拔紫外线较强，老年人应根据实际情况，适当缩短照射时间。益生菌（尤其是乳酸杆菌和双歧杆菌）不仅可以合成人体必需的维生素、烟酸和泛酸，还可促进SCFA的产生，SCFA在减轻肠道炎症、恢复肠道菌群丰度和增强耐寒性方面提供保护作用，有助于缓解高海拔环境引起的抑郁症状[3]。连续3周直接补充菊粉可将益生菌丰度从6.69%提升至15.07%[42]。另有实验证实，将雄鼠暴露于模拟的高海拔环境中，连续20周给予益生菌HL79，可显著改善雄鼠肠道菌群数量，增强其工作、记忆能力和减少抑郁样行为[43]。膳食纤维（如燕麦、谷物以及新鲜蔬菜和水果等）富含抗炎和抗氧化等多种营养素，有助于保护神经并抵消神经毒性刺激，在改善老年抑郁症状方面尤为重要，建议高海拔地区老年人每日应摄入25～30 g膳食纤维[3]。

**2.2.4 粪菌移植** 粪菌移植（Faecal microbiota transplantation，FMT）是指将健康供体的肠道微生物群移植到受体，用于重建肠道微生物群稳态，治疗肠道和肠道外疾病。接受FMT治疗的难治性老年抑郁症患者表现出肠道微生物群多样性的快速恢复、肠道失调和代谢功能正常化，以及抑郁症状的显著改善（包括心情改善、食欲好转和体质量增加）[44]。因此，FMT有望成为高海拔地区严重肠道菌群失调伴难治性抑郁症的潜在干预措施之一。然而，FMT仍处于实验阶段，未来需进行大规模的临床试验探讨FMT对高海拔地区老年抑郁症的影响。

**2.2.5 高压氧疗** 高压氧疗是指通过增加血液中的氧气含量，提升缺血脑区的氧流量灌注，从而刺激下丘脑-垂体-肾上腺轴兴奋，诱导外周肾上

腺素、5-HT 和多巴胺等神经递质分泌，调节情绪、改善食欲以及缓解失眠[45]。对于高海拔低氧致老年人睡眠节律紊乱、焦虑、抑郁以及疲劳等问题，高压氧疗是一种安全且有效的物理治疗方法[46]。

## 3 小结

高海拔低压低氧环境与老年抑郁症的发生紧密相关。一方面，高海拔恶劣的环境可通过社会经济环境、空气质量、炎症反应、肠道微生物群变化以及营养失调等影响老年人群的心理健康；另一方面，低压低氧环境容易导致睡眠障碍和认知功能改变。后期可通过更多基础和临床研究为高海拔地区老年抑郁症的治疗制定针对性的干预措施，从而降低高海拔地区老年群体的疾病负担并提升其生活质量。

## 参考文献

[1] 梅佳，孙秀娜，秦殿菊，等. 社会支持在老年人抑郁症状与肌少症间的中介效应[J]. 国际老年医学杂志，2025，46(1)：36-40.
Mei J，Sun X N，Qin D J，et al. Mediating effect of social support between depressive symptoms and sarcopenia in the elderly[J]. Int J Geriatr，2025，46(1)：36-40.

[2] Basualdo-meléndez G W，Hernández-vásquez A，Barón-lozada F A，et al. Prevalence of depression and depressive symptoms at high altitudes：a systematic review and meta-analysis [J]. J Affect Disord，2022，317：388-396.

[3] Qiao Y，Cheng R，Li X，et al. Plateau environment，gut microbiota，and depression：a possible concealed connection? [J]. Curr Issues Mol Biol，2025，47(7)：487.

[4] Villarreal-zegarra D，Cabrera-alva M，Ca-rrillo-larco R M，et al. Trends in the prevalence and treatment of depressive symptoms in Peru：a population-based study [J]. BMJ Open，2020，10(7)：e036777.

[5] Zaeh S，Miele C H，Putcha N，et al. Chronic respiratory disease and high altitude are associated with depressive symptoms in four diverse settings[J]. Int J Tuberc Lung Dis，2016，20(9)：1263-1269.

[6] Wang F，Liu S，Zhang Q，et al. Prevalence of depression in older nursing home residents in high and low altitude regions：a comparative study[J]. Front Psychiatry，2021，12：669234.

[7] 吴政宇，王飞，王德文，等. 高原之上的忧郁：海拔高度与抑郁风险的关系[J]. 心理学报，2024，56(12)：1773-1787.
Wu Z Y，Wang F，Wang D W，et al. Depression above the plateau：the relationship between altitude and depression risk [J]. Acta Psychol Sin，2024，56(12)：1773-1787.

[8] Eli B，Zhou Y，Chen Y，et al. Symptom structure of depression in older adults on the Qinghai-Tibet Plateau：a network analysis[J]. Int J Environ Res Public Health，2022，19(21)：13810.

[9] Reno E，Brown T L，Betz M E，et al. Suicide and high altitude：an integrative review[J]. High Alt Med Biol，2018，19(2)：99-108.

[10] 罗君，石培基，张学斌. 兰西城市群人口分布格局及其与地形要素的关系[J]. 经济地理，2020，40(6)：106-115.
Luo J，Shi P J，Zhang X B. Relationship between topographic factors and population distribution in Lanzhou-Xining urban agglomeration[J]. Econ Geogr，2020，40(6)：106-115.

[11] Rueda-torres L V，Warthon-ascarza J，Pacsi-valdivia S. Adjustment criteria for air-quality standards by altitude：a scoping review with regulatory overview[J]. Int J Environ Res Public Health，2025，22(7)：1053.

[12] Ning Z，He S，Liu Q，et al. Effects of the interaction between cold spells and fine particulate matter on mortality risk in Xining：a case-crossover study at high altitude [J]. Front Public Health，2024，12：1414945.

[13] Cornelius S L，Berry T，Goodrich A J，et al. The effect of meteorological，pollution，and geographic exposures on death by suicide：a scoping review[J]. Int J Environ Res Public Health，2021，18(15)：7809.

[14] Zhao Q，Feng Q，Seow W J. Impact of air pollution on depressive symptoms and the modifying role of physical activity：evidence from the CHARLS study[J]. J Hazard Mater，2025，482：136507.

[15] Sutanto C N，Xia X，Heng C W，et al. The impact of 5-hydroxytryptophan supplementation on sleep quality and gut microbiota composition in older adults：a randomized controlled trial[J]. Clin Nutr，2024，43(3)：593-602.

[16] Verma A，Inslicht S S，Bhargava A. Gut-brain axis：role of microbiome，metabolomics，hormones，and stress in mental health disorders [J]. Cells，2024，13(17)：1436.

[17] Mu N，Zhang L，Zhu M，et al. Relationship between time perspective and depressive symptoms in young people working in high-altitude environments[J]. BMC Psychiatry，2025，25(1)：278.

[18] Burmistrova A L，Cazaux M E，Filippova Y Y. Microbial community structure in dementia and depression as a mirror of ageing “intestinal microbiota - immune system - brain” axis [J]. Exp Clin Gastroenterol，2024(9)：49-55.

[19] Bai X，Liu G，Yang J，et al. Changes in the gut microbiota of rats in high-altitude hypoxic environments[J]. Microbiol Spectr，2022，10(6)：e01626-e01622.

[20] Yin J，Lv J，Yang S，et al. Multi-omics reveals immune response and metabolic profiles during high-altitude mountaineering[J]. Cell Rep，2025，44(1)：115134.

[21] Catapano P，Luciano M，Cipolla S，et al. What is the relationship between exposure to environmental pollutants and severe mental disorders? A systematic review on shared biological pathways [J]. Brain Behav Immun Health，2025，43：100922.

[22] Warriach Z I，Patel S，Khan F，et al. Association of depression with cardiovascular diseases[J]. Cureus，2022，

14 (6): e26296.

[23] Vicinanza R, Bersani F S, D'ottavio E, et al. Adherence to Mediterranean diet moderates the association between multimorbidity and depressive symptoms in older adults[J]. Arch Gerontol Geriatr, 2020, 88: 104022.

[24] Hersey M, Woodruff J L, Maxwell N, et al. High-fat diet induces neuroinflammation and reduces the serotonergic response to escitalopram in the hippocampus of obese rats [J]. Brain Behav Immun, 2021, 96: 63-72.

[25] Liu S, Chow I H I, Lu L, et al. Comparison of sleep disturbances between older nursing home residents in high- and low-altitude areas[J]. J Geriatr Psychiatry Neurol, 2020, 33(6): 370-376.

[26] Deyang T, Baig M A I, Dolkar P, et al. Sleep apnoea, gut dysbiosis and cognitive dysfunction[J]. FEBS J, 2024, 291(12): 2519-2544.

[27] Liu S, Wang F, Zhang C, et al. Cognitive impairment and its associated factors in older adults living in high and low altitude areas: a comparative study[J]. Front Psychiatry, 2022, 13: 871414.

[28] Hill C M, Dimitriou D, Baya A, et al. Cognitive performance in high-altitude Andean residents compared with low-altitude populations: from childhood to older age[J]. Neuropsychology, 2014, 28(5): 752-760.

[29] Touron E, De Flores R, Coulbault L, et al. Depressive symptoms in older adults are associated with changes in stress-related markers, functional connectivity and brain volume[J]. Alzheimers Res Ther, 2025, 17(1): 9.

[30] Savushkina O, Boksha I, Prokhorova T, et al. Activity of energy, glutamate, and glutathione metabolism enzymes in blood cells of elderly patients with depression [J]. Eur J Psychiatry, 2022, 36(4): 288-293.

[31] Wei J, Fan L, Zhang Y, et al. Association between malnutrition and depression among community-dwelling older Chinese adults[J]. Asia Pac JPublic Health, 2018, 30(2): 107-117.

[32] Gupta A, Ramakrishnan L, Pandey R, et al. Risk factors of anemia amongst elderly population living at high-altitude region of India[J]. J Fam Med Prim Care, 2020, 9(2): 673-682.

[33] Chan Y, Cai D, Guo R, et al. Evaluation of the deficiency status of 25-hydroxyvitamin D and associated factors in Southwest China: a hospital-based retrospective cross-sectional analysis of a low-latitude, high-altitude, multiracial region[J]. Nutr Bull, 2023, 48(4): 535-545.

[34] Kanekar S, Sheth C S, Ombach H J, et al. Hypobaric hypoxia exposure in rats differentially alters antidepressant efficacy of the selective serotonin reuptake inhibitors fluoxetine, paroxetine, escitalopram and sertraline[J]. Pharmacol Biochem Behav, 2018, 170: 25-35.

[35] Jiang Y, Cheng X, Zhao M, et al. Gypenoside-14 reduces depression via downregulation of the nuclear factor kappa B (NF-kB) signaling pathway on the lipopolysaccharide (LPS)-induced depression model[J]. Pharmaceuticals (Basel), 2023, 16(8): 1152.

[36] Prasad J, Baitharu I, Sharma A K, et al. Quercetin reverses hypobaric hypoxia-induced hippocampal neurodegeneration and improves memory function in the rat[J]. High Alt Med Biol, 2013, 14(4): 383-394.

[37] Gupta S J, Pradhan B, Bhanushali D, et al. Positive psychological changes at high altitude shown by the low landers after the yoga intervention-sudarshan kriya yoga (SKY)[J]. Ann Neurosci, 2022, 30(1): 20-25.

[38] Zhu F, Wang Y, Yin S, et al. The effect of Tai Chi on elderly depression: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. Front Psychol, 2024, 29, 15: 1489384.

[39] Kindlovits R, Sousa A C, Viana J L, et al. Evaluating the therapeutic potential of exercise in hypoxia and low-carbohydrate, high-fat diet in managing hypertension in elderly type 2 diabetes patients: a novel intervention approach [J]. Nutrients, 2025, 17(3): 522.

[40] Zhou Y, Miao X M, Zhou K L, et al. Effects of exercise-cognitive dual-task training on elderly patients with cognitive frailty and depression[J]. World J Psychiatry, 2023, 15(4): 103827.

[41] 刘璐. 常驻高原官兵膳食健康评估及保障策略研究[D]. 重庆: 中国人民解放军陆军军医大学, 2017.
Liu L. Current situation and suggestive strategies of diet nutrition service for resident high altitude army[D]. Chongqing: Army Medical University, 2017.

[42] Healey G, Murphy R, Butts C, et al. Habitual dietary fibre intake influences gut microbiota response to an inulin-type fructan prebiotic: a randomised, double-blind, placebo-controlled, cross-over, human intervention study [J]. Br J Nutr, 2018, 119(2): 176-189.

[43] Zhao Z, Zhang X, Sun N, et al. Lactobacillus johnsonii HL79 modulates the microbiota-gut-brain axis to protect cognitive function in mice chronically exposed to high altitude[J]. Front Microbiol, 2025, 16: 1561400.

[44] Rao J, Qiao Y, Xie R, et al. Fecal microbiota transplantation ameliorates stress-induced depression-like behaviors associated with the inhibition of glial and NLRP3 inflammasome in rat brain[J]. J Psychiatr Res, 2021, 137: 147-157.

[45] Bu S, Liu W, Sheng X, et al. Hyperbaric oxygen therapy improves motor symptoms, sleep, and cognitive dysfunctions in Parkinson's disease[J]. Dement Geriatr Cogn Disord, 2025, 54(3): 187-200.

[46] Sun B, He J, Chen H, et al. Hyperbaric oxygen treatment for chronic insomnia at high altitude: a prospective, randomized, open-label, parallel-group trial[J]. Travel Med Infect Dis, 2025, 65: 102834.