

高压氧联合针灸的抗氧化 - 抗炎机制研究进展：从分子通路到临床效应

杨 博¹, 杨欣怡¹, 郑海宁², 王 舒¹, 陈 栋^{1*}

¹南京中医药大学附属医院, 江苏 南京

²东部战区总医院, 江苏 南京

收稿日期: 2025年11月18日; 录用日期: 2025年12月12日; 发布日期: 2025年12月19日

摘 要

高压氧治疗(Hyperbaric Oxygen Therapy, HBOT)与针灸作为两种具有悠久历史的治疗手段, 近年来在抗氧化与抗炎领域的协同作用备受关注。高压氧通过提高组织氧分压, 激活抗氧化酶系统, 调控Nrf2/ARE通路, 减轻氧化应激损伤; 同时通过抑制NF- κ B信号通路, 降低TNF- α 、IL-6等促炎因子表达。针灸则通过激活迷走神经 - 肾上腺轴及胆碱能抗炎通路, 调节巨噬细胞极化, 促进Treg细胞分化, 发挥系统性抗炎作用。两者联合应用可形成“氧化还原 - 免疫调节”网络协同效应, 在糖尿病足溃疡、周围神经损伤等疾病中展现出显著疗效。本文系统综述高压氧与针灸协同作用的分子机制及临床证据, 并进一步探讨联合疗法存在的问题与未来的研究方向, 为多种炎症相关疾病的治疗提供新思路。

关键词

高压氧, 针灸, 抗氧化, 抗炎, 分子机制, 协同治疗

Research Advances in the Antioxidant and Anti-Inflammatory Mechanisms of Hyperbaric Oxygen Combined with Acupuncture: From Molecular Pathways to Clinical Effects

Bo Yang¹, Xinyi Yang¹, Haining Zheng², Shu Wang¹, Dong Chen^{1*}

¹Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing Jiangsu

²Eastern Theater Command General Hospital, Nanjing Jiangsu

*通讯作者。

文章引用: 杨博, 杨欣怡, 郑海宁, 王舒, 陈栋. 高压氧联合针灸的抗氧化-抗炎机制研究进展: 从分子通路到临床效应[J]. 临床医学进展, 2025, 15(12): 2361-2367. DOI: 10.12677/acm.2025.15123664

Abstract

Hyperbaric Oxygen Therapy (HBOT) and acupuncture, as two therapeutic modalities with long-standing histories, have recently garnered significant attention for their synergistic effects in the realms of antioxidant and anti-inflammatory responses. HBOT alleviates oxidative stress damage by elevating tissue oxygen partial pressure, activating the antioxidant enzyme system, and modulating the Nrf2/ARE pathway. Simultaneously, it suppresses the NF- κ B signaling pathway, reducing the expression of pro-inflammatory cytokines such as TNF- α and IL-6. Acupuncture, on the other hand, exerts systemic anti-inflammatory effects by activating the vagus nerve-adrenal axis and the cholinergic anti-inflammatory pathway, regulating macrophage polarization, and promoting Treg cell differentiation. The combined application of these two therapies creates a synergistic “redox-immune modulation” network effect, demonstrating remarkable efficacy in treating conditions such as diabetic foot ulcers and peripheral nerve injuries. This article systematically reviews the molecular mechanisms and clinical evidence supporting the synergistic interaction between HBOT and acupuncture, further addresses existing challenges in combination therapy, and explores future research directions, thereby providing new insights for the treatment of various inflammation-related diseases.

Keywords

Hyperbaric Oxygen, Acupuncture, Antioxidant, Anti-Inflammatory, Molecular Mechanisms, Combination Therapy

Copyright © 2025 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

高压氧治疗(Hyperbaric Oxygen Therapy, HBOT)是指在高于 1 个大气压(ATA)的环境中吸入 100%纯氧的临床干预手段,其通过提高血浆溶解氧浓度,改善组织缺氧状态,已被广泛应用于糖尿病足溃疡为代表的慢性缺血性创面、坏死性软组织感染等疾病的辅助治疗[1]-[3]。近年研究发现,HBOT 可通过诱导“可控性氧化应激”上调肌肉抗氧化酶表达,改善线粒体功能,同时调节肠道菌群平衡,表现出多层次的抗氧化与抗炎特性[4]。针灸作为传统医学的代表性疗法,其抗炎机制已被证实涉及迷走神经-肾上腺轴激活、 $\alpha 7$ 烟碱型乙酰胆碱受体($\alpha 7nAChR$)上调及 JAK2/STAT3 通路调控,在类风湿关节炎、溃疡性结肠炎等自身免疫性疾病模型中可显著抑制促炎细胞因子释放[5] [6]。值得注意的是,高压氧与针灸在调控氧化应激与炎症反应方面存在互补性。HBOT 主要作用于细胞氧化还原平衡,而针灸侧重于神经-免疫调节,这种特性为两者协同应用提供了理论基础。随着多模态治疗理念的发展,高压氧与针灸的联合应用已在周围神经损伤修复、慢性创面愈合等领域显示出优于单一治疗的临床效果。本文将从分子通路、细胞效应及临床转化三个维度,系统阐述这两种疗法协同作用的科学依据与研究进展,并特别聚焦于其在糖尿病足溃疡和周围神经损伤等疾病中的应用,同时深入分析现有研究的局限性与潜在风险,为拓展其在炎症相关疾病中的应用提供参考。

2. 高压氧治疗的抗氧化 - 抗炎分子机制

2.1. 氧化应激的双向调控作用

高压氧治疗通过显著提高组织氧分压,产生独特的“可控性氧化应激”效应。短期 HBOT 可诱导活性氧(ROS)适度增加,激活细胞内在防御系统[7][8]。研究表明,骨骼肌细胞经 HBOT 处理后,超氧化物歧化酶(SOD)和过氧化氢酶(CAT)表达量分别提升 1.8 倍和 2.3 倍,这种抗氧化应答可持续至治疗后 72 小时[9]。在分子水平上,HBOT 通过促进转录因子 Nrf2 核转位,增强其与抗氧化反应元件(ARE)的结合能力,进而上调血红素加氧酶-1(HO-1)等Ⅱ相解毒酶的表达。这种适应性反应使组织对后续氧化损伤的抵抗力显著增强,为 HBOT 在慢性炎症性疾病中的应用提供了理论基础。值得注意的是,HBOT 的氧化应激效应具有显著剂量依赖性。在人类成骨细胞系实验中,2.4 ATA 压力下暴露 90 分钟可诱导保护性自噬,而延长至 120 分钟则导致 DNA 损伤标志物 γ -H2AX 表达增加 35% [10]。这种“双刃剑”特性提示临床应用中需精确控制治疗参数,避免中枢神经系统氧毒性等不良反应。最新研究还发现,间歇性 HBOT 方案,如治疗 5 天/休息 2 天可通过表观遗传修饰维持更持久的抗氧化效应[11]。

2.2. 抗炎信号通路的调控

在抗炎机制方面,HBOT 表现出多靶点调控特性。动物实验证实,2.0 ATA 高压氧处理可抑制脂多糖诱导的 NF- κ B 活化,使巨噬细胞中 TNF- α 和 IL-1 β 分泌量降低 60%~70%。在炎症性肠病模型中,每日 HBOT 治疗显著降低结肠组织 IL-6、IL-17 等促炎因子表达,同时使抗炎因子 IL-10 水平提升 2.1 倍。这种细胞因子谱的再平衡与肠道菌群结构改善密切相关——高通量测序显示,HBOT 组患者肠道中普雷沃菌属相对丰度增加,而变形菌门比例下降,后者与黏膜炎症程度呈正相关[4]。在周围神经损伤领域,HBOT 通过减轻背根神经节中的线粒体功能障碍,使神经元凋亡率下降 45% [12]。这种保护作用与其抑制 TLR4/MyD88 信号通路、减少小胶质细胞活化有关。临床观察发现,接受 HBOT 辅助治疗的周围神经损伤患者,其神经传导速度恢复较常规治疗组快 30%,且神经病理性疼痛评分降低更显著[13]。值得注意的是,HBOT 的抗炎效应在缺血性损伤中尤为突出,这可能与改善组织氧供、减少缺氧诱导因子-1 α (HIF-1 α)介导的炎症级联反应有关。

3. 针灸抗炎的神经 - 免疫调节机制

3.1. 胆碱能抗炎通路激活

胆碱能抗炎通路是一条关键的神经 - 免疫调节路径,在抗炎的过程中,把释放的乙酰胆碱与免疫细胞 $\alpha 7$ 烟碱型乙酰胆碱受体($\alpha 7$ nAChR)结合起来后,能够调控下游核因子 κ B (NF- κ B)、Janus 激酶 2/信号转导及转录激活因子 3 (JAK2/STAT3)、磷 PI3K/AKT 等信号通路,使炎症反应得到减弱[14]-[16]。针灸的抗炎作用主要借助激活“迷走神经 - 肾上腺轴”这一神经免疫调节通路达成目标,实验研究证实,电针足三里可令血清去甲肾上腺素水平上升 3.2 倍,同时借助 $\alpha 7$ nAChR 依赖的途径抑制脾脏巨噬细胞 NF- κ B 活化[5][6]。在慢性脑低灌注建立的模型里面,经针灸处理,海马区 $\alpha 7$ nAChR 表达量恢复至正常水平的 85%,且显著促进了下游 JAK2/STAT3 信号通路的活性表达,这种效应可借助 $\alpha 7$ nAChR 激动剂来模拟,就分子水平方面, $\alpha 7$ nAChR 激活引发 STAT3 磷酸化增强,进而促进抗炎因子 IL-10 开始转录,形成负反馈调节循环。临床研究发现,针灸对自身免疫性疾病的调节呈现穴位特异性,刺激足三里可令溃疡性结肠炎患者结肠黏膜内 Treg 细胞比例增加到原来的 2.5 倍,Th17 细胞相关因子 IL-17A、ROR γ t 表达呈现降低态势,这种免疫平衡的重塑跟迷走神经活动增强直接相关联——当切断膈下迷走神经后,针灸对肠道炎症的改善作用约 70%不复存在[5],针灸还借助调节下丘脑 - 垂体 - 肾上腺轴,让皮质醇的释放

呈现脉冲式上扬, 这种动态变化对调控过度炎症反应更为有利。

3.2. 局部与系统性抗炎效应

针灸的抗炎作用显现出明显的组织特异性, 在皮肤炎症所构建的模型中, 足三里刺激主要是依靠激活局部阿片受体, 减少中性粒细胞的侵入以及 P 物质的释放量; 而在关节炎的实验模型里, 针灸主要依靠交感神经 β_2 肾上腺素受体抑制关节滑膜中促炎介质生成。这种组织的差异调控表明, 针灸或许能借助不同的神经纤维亚群来激活特定的抗炎通路, 在巨噬细胞极化调控范畴, 针灸显示出双向调节的效能[17], LPS 刺激开始前给予电针处理可抑制 M1 型极化, 而在呈现耐受状态时则促进 M2 型转化, 该动态调节特性让其在脓毒症、创伤修复这类不同病理阶段都能发挥积极作用, 最新的研究还发觉, 针灸可经改变肠道菌群代谢产物的具体组成, 提高肠-脑轴抗炎信号的传导水平, 这为阐释其系统性作用提供了新的切入点。

4. 高压氧与针灸的协同作用机制

4.1. 氧化还原与神经调节的互补效应

高压氧跟针灸的协同效应是建立在两种疗法作用机制的互补性之上, HBOT 主要借助提高氧分压直接改善组织缺氧情形, 且借助 Nrf2 通路增强细胞的抗氧化能力; 而针灸是借助神经-免疫调节网络, 降低炎症反应的扩大与延续, 处于周围神经损伤模型当中, 和单一治疗组相比, 联合治疗组在以下方面表现出明显优势。氧化应激标志物出现了明显下降; 抗炎因子 IL-10 表达量提升明显比单一治疗组高; 神经再生速度加快的迹象明显, 这种协同效应也许源自 HBOT 改善神经元氧化代谢环境这一情况, 而针灸同时提升了轴突生长的神经营养因子的分泌水平[12][13]。就分子通路而言, 两种疗法呈现出交叉调控的特性, HBOT 诱导出现的适度 ROS 增加可激活 AMPK 通路, 增强针刺敏感神经元的兴奋水平; 而针灸刺激迷走神经所释放的乙酰胆碱, 也能通过 α_7nAChR 抑制 HBOT 也许引起的过度氧化损伤, 这种双向调节实现负反馈平衡, 使机体氧化还原的状态更趋平稳, 表观遗传学分析表明, 联合治疗可让 DRG 神经元中抗氧化基因启动子区域的去甲基化程度提高 3 倍, 远超单独干预达成的效果[11]。

4.2. 临床协同应用证据

目前, 高压氧协同针灸已经应用于多种疾病。在糖尿病足溃疡的治疗中, 联合疗法展现出“1 + 1 > 2”的效果。HBOT 通过改善创面组织的缺氧状态, 为成纤维细胞增殖和胶原合成提供了必要的氧环境, 同时其诱导的适度氧化应激可激活内源性抗氧化防御。针灸则通过调节全身炎症反应, 降低血清中 TNF- α 、IL-6 等阻碍愈合的促炎因子水平, 并可能通过促进局部微循环和神经营养因子释放, 加速组织修复进程。临床观察显示[18], 联合方案可使糖尿病足溃疡治疗更加有效, 愈合时间显著缩短。此外, 一项研究探讨经颅重复针刺疗法联合高压氧对脑卒中后认知障碍患者 miRNA-335 表达的影响。针氧同步组在高压氧舱内治疗的同时行头部针刺治疗, 治疗后发现患者蒙特利尔认知量表评分及改良 Barthel 指数量表评分均较前升高, 针氧同步组 miRNA-335 显著高于针刺组和药物组, 针氧结合能更好地改善患者认知功能, 提高日常生活能力[19]。更重要的是, 在周围神经损伤领域, 一项针对 160 例外伤性周围性面神经损伤的临床研究[20]为这种协同效应提供了高级别证据。结果显示, 联合治疗组的治愈率和有效率均显著高于常规药物组。这种临床优势直接体现在神经电生理指标的改善上: 联合治疗组患者的面神经运动潜伏期缩短, M 波波幅与运动单位电位电压显著升高, 募集电位数也明显增加。这些客观指标证实, 联合疗法通过改善缺氧微环境与促进局部循环, 有效控制了神经炎症, 促进了轴索再生与髓鞘修复。这些证据都充分证明了高压氧与针灸联合应用在抗氧化抗炎方面的协同增效价值。

5. 现存问题与未来研究方向

5.1. 现有研究的局限性、争议与潜在风险

尽管针灸与高压氧的联合使用在临床多种疾病的研究中展现出良好的协同增效效应，但其目前的研究仍普遍存在样本量小、单中心、缺乏严格盲法和长期随访等局限，导致其证据质量偏低，特别是针灸研究难以实现如药物试验般理想的双盲研究，因为施术者的进针手法以及患者“得气”的体验均为临床操作中不可或缺的环节；且安慰剂效应、干预时机及疗效的统计显著性与临床意义之间的争议亦未得到充分解决。此外，两种疗法相较于其他治疗方式来说比较安全，但高压氧本身的绝对与相对禁忌(如未处理气胸、严重肺大泡、未控制高血压等)以及针灸的禁忌(出血性疾病、皮肤感染、孕妇特定穴位等)仍需在使用前进行交叉筛查，治疗过程中也需监测耳压、血压、血氧及局部皮肤状态，以防止气压伤、耳压不平衡、针刺出血或感染等风险。

5.2. 参数标准化与个体化方案

不同研究中 HBOT 压力、持续时间、治疗频率存在显著异质性。同样，针灸的刺激方式、穴位选择及疗程长短也缺乏统一标准[17][21]。这种变异度使得研究结果难以直接比较。未来的研究需通过剂量-效应研究，建立基于疾病类型和阶段的参数优化方案，如缺血性疾病可能需较高压力，而神经退行性疾病则适宜采用低频长程方案。个体化治疗策略的制定需考虑生物标志物指导。血清氧化应激指标、HRV 分析及微生物组特征可能有助于预测治疗反应[22]。例如，迷走神经张力较低的患者可能更需要加强针灸刺激，而氧化应激水平高的患者则需谨慎调整 HBOT 压力。开发无创、实时的生物传感器监测治疗过程中的生理变化，将是实现精准医疗的关键。

5.3. 机制研究的深入与扩展

现有研究多集中于两种疗法对已知通路的独立影响，而对协同作用的分子机制阐释不足。需采用多组学方法揭示表观遗传调控网络如何介导联合治疗的长期效应；肠-脑轴在系统抗炎中的作用权重；线粒体动力学与自噬流的协同调节机制。类器官共培养系统和光遗传学技术可帮助解析神经-免疫-上皮细胞的跨尺度对话。临床转化方面，优先研究方向应包括对肿瘤微环境的调节潜力，尤其结合免疫检查点抑制剂，抗纤维化应用等[23]。需特别注意长期 HBOT 可能带来的 DNA 氧化损伤风险，通过联合针灸的抗氧化效应建立更安全的干预窗口。

6. 结论

高压氧治疗与针灸的协同作用通过整合“氧化还原调控”与“神经-免疫调节”双重机制，形成了独特的抗氧化-抗炎网络。基础研究证实，HBOT 通过 Nrf2/ARE 通路增强细胞抗氧化防御，而针灸经由 $\alpha 7nAChR$ -JAK2/STAT3 途径抑制过度炎症反应，两者在周围神经损伤、糖尿病足等疾病中表现出显著的协同效应。目前，除炎症相关疾病外，高压氧联合针灸治疗也广泛应用于神经系统疾病，进一步说明二者对于神经损伤的潜力[24]-[27]。但研究存在的局限性、争议与潜在风险也提示着我们需要以更加严谨的研究及试验来验证其联合疗法带来的临床价值，未来研究也应着重解决治疗参数标准化、生物标志物指导的个体化方案及长期安全性评估等关键问题。随着作用机制在表观遗传和微生物组层面的深入阐释，高压氧与针灸这一古老与现代疗法的结合，将为炎症相关疾病提供更具前景的整合治疗策略。建议临床推广应用时采用阶梯式方案，轻中度炎症可首选针灸基础治疗，顽固性或缺血性病变则联合 HBOT，通过机制互补提升综合疗效。

基金项目

南京市科学技术局重大科技专项(生命健康)——医工合作项目, 基于知识图谱和大模型的儿童脑病诊疗系统研发及应用(202305030); 江苏省中医药科技发展计划项目, 基于吴旭教授“肠神论”的孤独症谱系障碍经穴特异性及生物信息研究(MS2024025)。

参考文献

- [1] 王年花. 高压氧联合头针治疗瘀血阻络型脑卒中后认知障碍的临床研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 湖北中医药大学, 2024.
- [2] 窦京彬, 许彦来, 吴小旭, 等. 高压氧联合针刺治疗睡眠障碍心脾两虚证临床疗效观察[J]. 河北中医, 2024, 46(02): 255-258.
- [3] Hyldegaard, O., Nekludov, M., Arnell, P., Nedrebø, T., Karlsson, Y., Madsen, M.B., *et al.* (2025) Use of Hyperbaric Oxygen in Patients with Necrotizing Soft Tissue Infections: A Scandinavian Multicenter, Prospective, Observational Cohort. *Infectious Diseases and Therapy*, **14**, 1715-1738. <https://doi.org/10.1007/s40121-025-01184-5>
- [4] Fachi, J.L., Pral, L.P., Assis, H.C., Oliveira, S., Rodovalho, V.R., dos Santos, J.A.C., *et al.* (2024) Hyperbaric Oxygen Augments Susceptibility to *C. difficile* Infection by Impairing Gut Microbiota Ability to Stimulate the HIF-1 α -IL-22 Axis in ILC3. *Gut Microbes*, **16**, Article ID: 2297872. <https://doi.org/10.1080/19490976.2023.2297872>
- [5] Gamus, D. and Shoenfeld, Y. (2025) Acupuncture Therapy in Autoimmune Diseases: A Narrative Review. *Autoimmunity Reviews*, **24**, Article ID: 103709. <https://doi.org/10.1016/j.autrev.2024.103709>
- [6] Cao, Y., Wang, L., Lin, L., Wang, X., Ma, S., Yang, N., *et al.* (2021) Acupuncture Attenuates Cognitive Deficits through α 7nAChR Mediated Anti-Inflammatory Pathway in Chronic Cerebral Hypoperfusion Rats. *Life Sciences*, **266**, Article ID: 118732. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.118732>
- [7] 王美丹. 高压氧治疗对认知障碍模型鼠的影响与机制研究[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2024.
- [8] 杨曼, 杨俊生, 刘梦洋, 等. 高压氧对急性缺血性脑卒中作用机制的研究进展[J]. 临床医学研究与实践, 2021, 6(11): 193-195.
- [9] Doerr, V., Montalvo, R.N., Nguyen, B.L., Boeno, F.P., Sunshine, M.D., Bindi, V.E., *et al.* (2022) Effects of Hyperbaric Oxygen Preconditioning on Doxorubicin Cardiorespiratory Toxicity. *Antioxidants*, **11**, Article 2073. <https://doi.org/10.3390/antiox11102073>
- [10] Schönrock, N., Tillmans, F., Sebens, S., Kähler, W., Klapa, S., Rieger, B., *et al.* (2023) Analysis of Single- and Double-Stranded DNA Damage in Osteoblastic Cells after Hyperbaric Oxygen Exposure. *Antioxidants*, **12**, Article 851. <https://doi.org/10.3390/antiox12040851>
- [11] Mensah-Kane, P. and Sumien, N. (2022) The Potential of Hyperbaric Oxygen as a Therapy for Neurodegenerative Diseases. *GeroScience*, **45**, 747-756. <https://doi.org/10.1007/s11357-022-00707-z>
- [12] Awad-Igbaria, Y., Ferreira, N., Keadan, A., Sakas, R., Edelman, D., Shamir, A., *et al.* (2023) HBO Treatment Enhances Motor Function and Modulates Pain Development after Sciatic Nerve Injury via Protection the Mitochondrial Function. *Journal of Translational Medicine*, **21**, Article No. 545. <https://doi.org/10.1186/s12967-023-04414-x>
- [13] Brenna, C.T., Khan, S., Katznelson, R. and Brull, R. (2022) The Role of Hyperbaric Oxygen Therapy in the Management of Perioperative Peripheral Nerve Injury: A Scoping Review of the Literature. *Regional Anesthesia & Pain Medicine*, **48**, 443-453. <https://doi.org/10.1136/rapm-2022-104113>
- [14] 刘怀全, 陈波, 杨诗力, 等. 通过胆碱能抗炎通路探讨针灸治疗慢性阻塞性肺疾病的作用机制[J]. 世界中医药, 2025, 20(8): 1429-1434.
- [15] 程邦国. 基于胆碱能抗炎通路深刺八髎穴治疗放射性肠炎的临床疗效观察与机制研究[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京中医药大学, 2024.
- [16] 杨馥铭, 徐枝芳, 郭义. 针灸的免疫调节机制在中医经络研究中的前景和意义[J]. 中华中医药杂志, 2021, 36(6): 3434-3437.
- [17] Oh, J. and Kim, S. (2022) Anti-Inflammatory Effects of Acupuncture at ST36 Point: A Literature Review in Animal Studies. *Frontiers in Immunology*, **12**, Article 813748. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.813748>
- [18] 李伯霖, 孙瑶. 探讨应用高压氧联合康复治疗治疗糖尿病足的安全性及疗效[J]. 航空航天医学杂志, 2020, 31(10): 1191-1193.
- [19] 孙丹, 李阳安, 张逸, 等. 经颅重复针刺疗法联合高压氧对脑卒中后认知障碍患者 miRNA-335 表达的影响研究

- [J]. 亚太传统医药, 2025, 21(4): 63-67.
- [20] 陈炜炜, 蒋功达, 符静, 等. 高压氧联合针灸治疗外伤性周围性面神经损伤的效果及肌电图分析[J]. 中国康复理论与实践, 2016, 22(6): 696-700.
- [21] Luo, X., Liu, J., Li, Q., Zhao, J., Hao, Q., Zhao, L., *et al.* (2023) Acupuncture for Treatment of Knee Osteoarthritis: A Clinical Practice Guideline. *Journal of Evidence-Based Medicine*, **16**, 237-245. <https://doi.org/10.1111/jebm.12526>
- [22] Kjellberg, A., Lindholm, M.E., Zheng, X., Liwenborg, L., Rodriguez-Wallberg, K.A., Catrina, S., *et al.* (2023) Comparing the Blood Response to Hyperbaric Oxygen with High-Intensity Interval Training—A Crossover Study in Healthy Volunteers. *Antioxidants*, **12**, Article 2043. <https://doi.org/10.3390/antiox12122043>
- [23] Fu, Q., Duan, R., Sun, Y. and Li, Q. (2022) Hyperbaric Oxygen Therapy for Healthy Aging: From Mechanisms to Therapeutics. *Redox Biology*, **53**, Article ID: 102352. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2022.102352>
- [24] 郎显兵, 黄翔, 李佳, 等. 头穴针刺联合高压氧治疗脑卒中急性期肢体运动功能障碍临床研究[J]. 光明中医, 2024, 39(18): 3745-3747.
- [25] 郭阳璐, 马晨阳, 孙科, 等. 醒脑开窍针法联合高压氧治疗脑卒中后认知功能障碍的疗效观察[J]. 浙江临床医学, 2024, 26(8): 1142-1144.
- [26] 蔡婉丽, 沈怡, 闫国栋, 等. 高压氧联合针灸疗法对中老年出血性脑卒中患者生活功能的康复效果[J]. 中国老年学杂志, 2024, 44(11): 2597-2600.
- [27] 芮晨, 尹淼, 郭栋炜, 等. 高压氧结合针灸推拿法对脑卒中患者康复治疗的效果研究[C]//中国环球文化出版社, 华教创新(北京)文化传媒有限公司. 全国科研理论学术研究成果汇编. 沧州: 沧州市中心医院, 2020: 952-962.