

氢中医：氢医学领域一个新兴的研究方向

杨海燕^{1,2*}, 王尉荧^{1,3}, 应乐安^{1,2}, 孙志轩^{1,2}, 丁之光^{2,4}, 丁文江^{1,2,4*}

1. 上海市氢科学重点实验室&上海交通大学氢科学中心, 上海 200240

2. 上海交通大学材料科学与工程学院, 上海 200240

3. 上海交通大学药学院, 上海 200240

4. 上海交通大学轻合金精密成型国家工程研究中心, 上海 200240

摘要 从中医理论角度探讨了氢相关概念和氢中医的理论体现, 从现代医学和中医学2个方面综述了氢医学的研究现状, 并指出氢中医未来的发展方向。氢现代医学针对呼吸系统、内分泌代谢系统、心脑血管、眼科疾病等常见病和多发病开展了大量的研究, 结果显示, 氢具有积极的防治作用, 但尚存在临床试验不足、具体分子机制不明确等问题。氢中医学是一个新兴的研究方向, 目前仅限于氢与中药共用效应的研究和相关器械的研发。未来氢中医学应深入探讨氢如何与中医治疗原则相契合, 建立氢中医理论体系, 研发氢中医疗法; 并采用现代科学研究手段评估氢在中医理论指导下的可行性与作用机制; 同时开展临床试验, 为氢中医的应用提供临床数据, 为氢医学的多元化发展提供有益参考。

关键词 氢; 中医学; 气水互化; 阴阳学说

近年来, 氢医学研究受到国际医学和学术界的广泛关注。氢医学已在多个领域展开深入研究, 包括心脑血管疾病、炎症性疾病、神经系统疾病以及抗氧化应激等。氢具有显著的抗氧化、抗炎症、抗细胞凋亡等生物学效应, 为防治各种慢性病和改善健康状况提供新的策略^[1-5]。而对于氢中医, 虽然

尚未形成明确的研究领域, 但已引起学术界的关注。在传统中医理论的指导下, 氢中医尝试将氢的研究与传统中医治疗原则相结合, 通过整合中医整体观念及阴阳平衡等理论, 旨在为氢医学的发展提供新的视角和可能性。结合现代科学研究, 氢中医致力于增强传统中医治疗的疗效, 并探索个体化的

收稿日期: 2023-12-05; 修回日期: 2024-03-06

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(52371195); 上海交通大学氢科学中心双一流项目

作者简介: 杨海燕, 工程师, 研究方向为氢科学、氢生物, 电子信箱: yanghaiyan@sjtu.edu.cn; 丁文江(通信作者), 教授, 中国工程院院士, 研究方向为氢科学、轻合金, 电子信箱: wjding@sjtu.edu.cn

引用格式: 杨海燕, 王尉荧, 应乐安, 等. 氢中医: 氢医学领域一个新兴的研究方向[J]. 科技导报, 2024, 42(15): 15-21;

doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.12.01835

精准治疗方案,以推动中医现代化进程。本文将深入探讨氢中医的理论体现、研究现状及其未来展望,以期对氢医学的多元化发展提供有益的参考。

1 氢的基本概念与内涵

氢是元素周期表中的第1位元素,符号为H。2个氢原子构成1个氢分子,即氢气,分子式为 H_2 。氢气是1种无色、无味、易燃的气体。1766年,英国科学家卡文迪什首次发现氢气,其英文原意为“轻气生于水中,色味俱无,不能生养人物;试之以火,有热而无光,其质为最轻”^[6]。除了这一特性外,氢还被认为是一种新型的天然抗氧化剂,具有与许多生物分子相互作用的某种倾向,并可能用于药用和治疗的目的。由于其抗氧化、抗炎症、抗细胞凋亡等作用,目前已作为一种新型抗氧化剂^[9]应用于医学领域。

在中华文化体系中重视对象的观测,以象构建认识生命的理论体系,以象揣气,以气彰象^[7]。氢中医作为氢医学领域一个新兴的研究方向,将蕴含自然之气的氢作为其象以联系人体,解释其气的整体性和动态性,返本开新,弥合传统医学和现代医学的沟壑。

2 氢在中医理论中的体现

2.1 氢轻上行,水气一体

清代医学家唐容川^[8]《本草问答》指出:“水中之阳本上升,西洋人于水中取轻养气能上升,且能燃而为火,积阳则上升。水为坎卦,而中爻为阳,故气出于水而上升,太空清阳之气皆水中之阳所充发也。”唐氏发挥中医气化理论,与西人之说互证,以《易》阐医,抓住天阳、坎阳与轻(通“氢”)养(通“氧”)气的共通之处,以论水化为气之重要性及派生性。近代医家黄杰熙进一步细化五脏对五气理论,于《本草问答评注》著曰:“肺化之气,即氧气;心化之气,即氢气……盖诸气皆主于肺,肺心之气化合,即氢氧化合为水,金生水,其理在此。”黄氏认为人身小天地,气止一也又各有不同,肺之氧气与心

之氢气在上焦相合,则化为水,经三焦膜网入肾膀胱,通调水道,实则金火相交,才能化金为水^[9]。《血证论·阴阳水火气血论》^[10]指出:“气着于物,复还于水……气生于水,即能化水,水化于气,亦能病气。气之所至,水亦无不至焉……总之,气与水本属一家,治气即是治水,治水即是治气。”气水互化,相生相转,氢气为人体之气的一种,同样可与人体之水相互作用,水气一体,共同调节人体整体机能。《灵枢·脉度》^[11]指出:“气之不得无行也,如水之流,如日月之行不休,故阴脉荣其脏,阳脉荣其腑,如环之无端,莫知其纪,终而复始,其流溢之气,内溉脏腑,外濡腠理。”指出人体内气的运行循环往复,且可到达各所,向内到达脏腑,向外延伸肌肤腠理,而氢气具有易扩散性,能够快速透过细胞膜的脂质双分子层结构,进入细胞的胞浆内和线粒体内^[9],亦能达到人体各处发挥作用,与上述记载具有异曲同工之妙。气行则水行,气滞则水停,轻氢上行,化生为水,布散周转,共奏内外灌溉濡养之功。

2.2 氢返平衡,阴阳和合

《素问·阴阳应象大论》^[12]指出:“阴阳者,天地之道也,万物之纲纪,变化之父母,生杀之本始,神明之府也,治病必求于本。”《道德经·四十二章》^[13]指出:“万物负阴而抱阳,冲气以为和。”可见,万物皆有阴阳属性,阴阳是一种与实际事物相联系的伦理工具,任何事物都处于动态变化过程中,阴阳相互激荡而得以调和。凡是一切运动的、外向的、上升的、温热的、明亮的事物,都属于阳的范畴;一切静止的、内守的、下降的、寒冷的、晦暗的事物,都属于阴的范畴^[14]。阴阳对立制约,同时互根互用、相互转化,消长平衡,维持相对稳定的阴阳平衡的协调状态。在化学反应中,“氧化”和“抗氧化(即还原)”是一对“既对立又统一”的矛盾,正常情况下,两者处于动态平衡状态,在机体正常生理活动过程中发挥重要作用。因此,氧化还原与中医阴阳之间存在密不可分的联系,氧化还原是阴阳学说的微观表现,而阴阳和合是氧化还原平衡的哲学概括,氧化还原平衡与阴阳平衡之间存在着很高的相关性^[14]。目前研究^[15]表明,氧化应激是许多疾病的特征,包括缺血再灌注损伤、炎症性疾病、癌症、心血

管和神经系统疾病以及衰老等。而氢气的生物医学效应之一是其“选择性抗氧化作用”^[16],可通过清除氧化自由基、提高内源性抗氧化酶的表达,同时具有“阀门”调控作用,对发挥抗氧化应激以及保持细胞的稳态发挥重要作用^[17-18]。因此,氢对人体各种生理、病理现象的调节及氢治疗疾病的机制,归根到底是使人体的氧化还原处于动态平衡,达到阴阳和合的状态。

3 氢医学研究进展

3.1 氢现代医学研究进展

自2007年Ohsawa等^[19]在《自然医学》发表具有里程碑意义的氢医学论文以来,氢的选择性抗氧化作用受到国际学术界的广泛关注。国内外对于氢医学的研究如雨后春笋般地蓬勃展开,涉及基础和临床医学的多个领域。

3.1.1 氢与呼吸系统疾病

呼吸系统疾病是一种常见且多发的病症,轻度症状可能表现为咳嗽、胸痛和呼吸受阻,而重度症状则可能导致肺部损伤、缺氧,甚至呼吸衰竭致死。钟南山院士团队研究发现,氢/氧混合气体吸入通过减轻炎症作用降低了2019年冠状病毒患者的疾病严重程度和呼吸困难程度^[20]。有研究显示^[21],吸氢可以抑制气道黏液积聚、炎症细胞浸润,并减少气管肺泡中的炎症因子IL-6和IL-8的分泌。吸入氢可通过减少ERK1/2和NF- κ B炎症反应抑制小鼠慢性阻塞性肺病的发展^[22]。Yin等^[23]在氢对小鼠肺损伤中的保护作用研究中发现,吸入氢可减少小鼠的炎性细胞因子释放,下调巨噬细胞中ROS、NO、TNF- α 、IL-6和IL-1 β 的水平,并抑制TLR4的表达和核因子 κ B的活化,减轻脂多糖诱导的小鼠急性肺损伤和炎症反应,使肺损伤小鼠的存活率提高至80%。

3.1.2 氢与心脑血管疾病

心脑血管疾病是由高脂血症、动脉粥样硬化、高血压等引起的包括一系列心脏、大脑及全身组织发生缺血或出血性的疾病,具有高致残率和高死亡率,严重影响人类健康^[24]。其发病机制主要与氧化

应激导致的氧化还原不平衡有关,活性氧自由基的过度产生是其中一个重要因素^[25]。Ohsawa等^[19]报道了分子氢可还原羟基自由基和过氧亚硝酸盐阴离子,改善大鼠脑缺血再灌注损伤后脑坏死状态。Zhao等^[4]研究发现氢可通过抑制小胶质细胞激活和神经炎症对创伤性脑损伤发挥保护作用。Nie等^[25]研究发现吸入氢气后缺血再灌注损伤模型大鼠心肌梗死面积、无回流区、心功能、微观结构和线粒体形态均有明显改善,8-OHdG、MDA、ROS以及NLRP3介导的焦亡相关蛋白表达显著降低。秦树存课题组研究表明,氢可通过抑制NF- κ B活化来抑制细胞因子诱导的LOX-1基因表达实现抗动脉粥样硬化作用^[26]。

3.1.3 氢与皮肤疾病

皮肤是人体中最大的器官,具有保护、排泄、调节体温和感受外界刺激等作用。当存在强氧化应激和体内慢性炎症时,皮肤胶原纤维受到破坏,可导致各类皮肤病的发生。孙学军课题组研究发现,富氢培养基可显著降低细胞内O₂⁻水平,稳定 $\Delta\Psi$ 并减弱MDA、8-OHdG和3-NT的产生,从而有效增强抗氧化防御系统,保护人体皮肤成纤维细胞免受后续氧化应激损伤^[27]。Kato等^[28]研究发现富氢水可抑制皱纹形成,对紫外线造成的皮肤损伤具有保护作用,同时产生I型胶原蛋白,抑制细胞内超氧阴离子自由基的产生,减少成纤维细胞的氧化应激,预防角质形成细胞的细胞损伤。Zhang等^[29]研究表明富氢水浴可抑制银屑病炎症和氧化应激,缓解银屑病皮损,加速皮肤异常增生状态的结束,对银屑病具有治疗和改善作用。

3.1.4 氢与眼科疾病

眼部疾病与损伤的重要危险因素之一为氧化应激,可导致角膜碱烧伤、黄斑变性、大疱性角膜病、白内障、葡萄膜炎等。抑制氧化应激和去除过量的活性氧可起到预防和治疗效果。Kubota等^[30]研究认为使用氢气溶液进行角膜冲洗可减少碱烧伤后血管生成,是一种有效的角膜血管生成新疗法,可防止碱烧伤引起的失明。Igarashi等^[31]发现溶解氢的冲洗液具有保护角膜内皮细胞免受超声乳化诱导的氧化应激和损伤的作用。Chen等^[32]使

用富氢水治疗经N-甲基-N-亚硝基脲诱导视网膜色素变性的大鼠模型发现,大鼠视网膜丙二醛含量显著降低,超氧化物歧化酶活性显著升高,内视网膜外围区域的结构和场电波形状保存效率高,视网膜内神经元功能保存良好。

3.1.5 氢与慢性疾病

慢性病是对一类起病隐匿、病程长而且病因复杂的疾病的概括性总称。动物实验模型和少量临床试验表明,氢对慢性病主要包括糖尿病、帕金森病和阿尔茨海默病等具有积极作用。糖尿病是一种由多种病因引起的以血糖升高为特征的慢性代谢性疾病,大量科学家、学者研究了氢对糖尿病的作用和影响。Zheng等^[33]研究发现饮用富氢水可抑制2型糖尿病大鼠葡萄糖、总胆固醇、氧化应激和炎症的增加。此外,富氢水还可以改善大鼠高血糖引起的肝、肾和脾功能障碍。Xiao等^[34]研究发现富氢生理盐水可抑制糖尿病大鼠半胱天冬酶活性,降低视网膜细胞凋亡和血管通透性,显著减轻大鼠糖尿病视网膜病变引起的视网膜实质增厚。此外,研究表明富氢水可减轻帕金森1-甲基-4-苯基-1,2,3,6-四氢吡啶小鼠急性神经毒性,小鼠脑黑质中多巴胺能神经元的丢失显著减弱,其机制与减缓氧化应激有关^[35]。Yoritaka等^[36]通过随机双盲试验发现帕金森患者每天接受1000 mL氢水治疗,持续48周,可显著改善帕金森病症状。Li等^[37]研究发现富氢盐水通过减少氧化应激可改善 β 淀粉样蛋白诱导的阿尔茨海默病大鼠模型的记忆功能,表明氢具有缓解痴呆的功效,有助于恢复认知功能。

总之,通过吸入氢气或口服富氢水等各类摄氢途径,氢能够对人体呼吸系统、内分泌代谢系统、心脑血管、眼科疾病等常见病和多发病起积极作用^[38-39]。但由于目前氢现代医学的研究规模较小,大部分结果来自动物实验或者细胞实验研究,尚需开展大量临床试验研究。此外,氢的作用机制尚未完全明确,仍需要进一步深入研究。

3.2 氢中医研究进展

氢在中医领域的描述最早可追溯到晚清时期。自晚清西学东渐之风兴起,以唐容川、张锡纯等著名医家为代表的中西汇通派将传统的中医学说与

现代西医理论相融合,形成更为全面、科学的医学体系。唐容川以气化诠释中药理论,以人身之阳气,亦下焦之水上腾于肺、皮毛之水气类比,诠释黄芪之气化补气之功^[40]。张锡纯^[41]在《医学衷中参西录》中进一步发挥:“炉心有氢气,人腹中亦有氢气,黄芪能引氢气上达于肺,与吸入之氧气相合而化水,又能鼓胃中津液上行,又能统摄下焦气化,不使小便频数,故能治消渴。”张锡纯认为体内氢气可借助黄芪引气上行的作用与外界氧气相合为水,输布三焦,生津润燥,以治消渴,其书中所提到的玉液汤、滋脾饮等治疗消渴名方均重用黄芪,以达引氢气上行,起输散水液之功效。中西结合,古今同源,上述理论与现代氢医学的抗氧化理论本质上不谋而合。

目前氢在中医治疗中的研究已越来越受到学者的重视。首先,将氢气作为一种检测指标在中医领域应用,典型的是氢呼气试验。葛永盛等^[42]通过氢呼气试验分析人体呼出的气体中的氢含量来了解消化道的动力情况,可区分中医便秘虚证与实证的差异。郑军等^[43]通过对小儿腹痛患者进行氢呼气试验,检测证明脾虚气滞型小肠细菌过度生长发病率最高,脾胃虚弱型乳糖不耐受发病率最高。其次,部分学者将氢作为一种调控手段开展中医研究。莫若徽^[44]从中医体质切入,探讨了吸氢氧混合气对2型糖尿病视网膜病变患者中医体质的影响,研究发现,经过8周干预,氢氧混合气体干预对改善2型糖尿病视网膜病变患者的阳虚体质及相关中医证候有积极调控作用。此外,有学者将氢与中药联用,目前多项研究表明两者共用可以加强中药的疗效^[45-46]。李超富等^[45]利用氢水协同中药金复康、消癌平给药,观察胆管癌和肠癌的防治效果,研究发现,富氢水和金复康口服液的协同作用能够成功阻断大鼠肝内胆管癌的发生,联合使用氢加中药比单独使用中药具有更好的控癌效果。Ku等^[46]研究发现,富氢水与红参都可以提高男性精子的数量和质量,提高精子活力,但两者共用效果更佳。研究表明,富氢水与红参两者共用可通过增强抗氧化、刺激精子发生和性激素的产生来增加精子的产生和活力,这种效应在老年小鼠中的作用更为显著。

随着氢中医研究的逐步开展,氢中医相关知识产权申请得到重视,目前已有富氢中药相关的专利申请公开授权。张开军^[47]所发明的一种含氢多功能中药吸入装置可将中药的有效成分和氢气进行混合,以增强中药的药效作用。周平乐等^[48]所发明的制氢中药包可促进药材成分释放出有效成分。杨海燕等^[49]发明了一种氢中药共吸雾化系统,可使氢气和中药雾化一起被吸入人体内,实现氢气与中药共吸,达到协同生物学效应。

但总的来说,目前氢中医的研究还十分有限。已有的研究表明,氢与中药共用具有更加显著的效果。未来的研究应致力于以下3个方面。

1) 深入探讨氢如何与中医治疗原则相契合,采用中医理论来研究氢的属性以及氢的应用,理解氢在调和阴阳、气化循行等方面的潜在效用。通过将氢的特性与中医的整体观和辨证施治的原则相结合,建立氢中医理论体系,并研发氢中医疗法。

2) 利用现代科学研究手段,细致评估氢在中医理论指导下的可行性与作用机制,研究氢在中医药配伍中的疗效原理,指导开展氢与中药共用。

3) 开展临床试验,通过系统地收集临床数据,研究分析氢在治疗慢性病、急性病以及养生保健方面的效果,为氢中医的应用提供临床数据。

4 结论

氢医学研究表明,氢对人体具有广泛的健康益处。但是,目前研究主要集中在氢现代医学方面,存在临床试验不足、具体分子机制和信号通路不明确等问题,限制了氢在实际临床治疗中的推广和应用,需要更多临床试验研究来确立其疗效。与之相比,氢中医的研究相对更少,但一些初步的研究已经显示出氢中医的发展前景。在我国传统医学的理论指导下,氢中医运用取象比类与整体观思维,对因治疗,溯本平衡,期待能为氢医学的发展提供新的突破点。通过深入研究氢中医,可以推动氢医学领域的跨学科融合交叉,共同促进氢医学和传统中医的协同发展。氢中医将为氢医学的发展提供新思路,同时为传统中医发展提供新元素。

参考文献 (References)

- [1] Buchholz B M, Kaczorowski D J, Sugimoto R, et al. Hydrogen inhalation ameliorates oxidative stress in transplantation induced intestinal graft injury[J]. *American Journal of Transplantation*, 2008, 8(10): 2015–2024.
- [2] Bai Y, Wang C L, Jiang H, et al. Effects of hydrogen rich water and pure water on periodontal inflammatory factor level, oxidative stress level and oral flora: A systematic review and meta-analysis[J]. *Annals of Translational Medicine*, 2022, 10(20): 1120.
- [3] Perveen I, Bukhari B, Najeeb M, et al. Hydrogen therapy and its future prospects for ameliorating COVID-19: Clinical applications, efficacy, and modality[J]. *Biomedicines*, 2023, 11(7): 1892.
- [4] Zhao Q H, Xie F, Guo D Z, et al. Hydrogen inhalation inhibits microglia activation and neuroinflammation in a rat model of traumatic brain injury[J]. *Brain Research*, 2020, 1748: 147053.
- [5] Hirano S I, Ichikawa Y, Sato B, et al. Conventional drug acts as a "rifle Gun" while hydrogen as a "machine Gun" [J]. *Medical Gas Research*, 2023, 13(2): 89–91.
- [6] 张澍. 氧氢氮的翻译: 1896—1944年[J]. *自然科学史研究*, 2002, 21(2): 123–134.
- [7] 李明珠, 詹杰, 李思汉, 等. 从“气”“象”“器”论中医状态[J]. *中医杂志*, 2021, 62(2): 179–181.
- [8] 唐容川. 本草问答[M]. 北京: 中国中医药出版社, 2013.
- [9] 唐容川. 本草问答评注[M]. 太原: 山西科学教育出版社, 1991: 12.
- [10] 唐容川. 血证论[M]. 新1版. 上海: 上海人民出版社, 1977: 1.
- [11] 黄帝内经灵枢篇[M]. 新疆: 新疆人民出版社, 2016: 86.
- [12] (战国)佚名. 黄帝内经·素问[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2017: 21.
- [13] (春秋)李聃. 道德经[M]. 西安: 三秦出版社, 2018: 95.
- [14] 范春兰, 马青, 徐梦, 等. 阴阳平衡与氧化还原调节[J]. *世界科学技术—中医药现代化*, 2020, 22(5): 1374–1379.
- [15] Hong Y, Chen S, Zhang J M. Hydrogen as a selective antioxidant: A review of clinical and experimental studies [J]. *The Journal of International Medical Research*, 2010, 38(6): 1893–1903.
- [16] LeBaron T W, Kura B, Kalocayova B, et al. A new approach for the prevention and treatment of cardiovascular disorders. molecular hydrogen significantly reduces the effects of oxidative stress[J]. *Molecules*, 2019, 24

- (11): 2076.
- [17] 陶鸽如, 秦树存. 氢生物学效应在疏解自由基氧化应激的分子机制[J]. 生物技术进展, 2022, 12(4): 490–496.
- [18] 赵鹏翔, 谢飞, 刘梦昱, 等. 氢气生物医学研究进展[J]. 生物技术进展, 2021, 11(4): 503–517.
- [19] Ohsawa I, Ishikawa M, Takahashi K, et al. Hydrogen acts as a therapeutic antioxidant by selectively reducing cytotoxic oxygen radicals[J]. *Nature Medicine*, 2007, 13(6): 688–694.
- [20] Guan W J, Wei C H, Chen A L, et al. Erratum to hydrogen/oxygen mixed gas inhalation improves disease severity and dyspnea in patients with Coronavirus disease 2019 in a recent multicenter, open-label clinical trial [J]. *Journal of Thoracic Disease*, 2020, 12(8): 4591–4592.
- [21] Lu W J, Li D F, Hu J Y, et al. Hydrogen gas inhalation protects against cigarette smoke-induced COPD development in mice[J]. *Journal of Thoracic Disease*, 2018, 10(6): 3232–3243.
- [22] Zhou Z Q, Zhong C H, Su Z Q, et al. Breathing hydrogen-oxygen mixture decreases inspiratory effort in patients with tracheal stenosis[J]. *Respiration: International Review of Thoracic Diseases*, 2019, 97(1): 42–51.
- [23] Yin H L, Feng Y J, Duan Y, et al. Hydrogen gas alleviates lipopolysaccharide-induced acute lung injury and inflammatory response in mice[J]. *Journal of Inflammation*, 2022, 19(1): 16.
- [24] Zhao D, Liu J, Wang M, et al. Epidemiology of cardiovascular disease in China: Current features and implications[J]. *Nature Reviews Cardiology*, 2019, 16(4): 203–212.
- [25] Nie C Q, Ding X, Rong A, et al. Hydrogen gas inhalation alleviates myocardial ischemia-reperfusion injury by the inhibition of oxidative stress and NLRP3-mediated pyroptosis in rats[J]. *Life Sciences*, 2021, 272: 119248.
- [26] Song G H, Tian H, Liu J, et al. H₂ inhibits TNF- α -induced lectin-like oxidized LDL receptor-1 expression by inhibiting nuclear factor κ B activation in endothelial cells[J]. *Biotechnology Letters*, 2011, 33(9): 1715–1722.
- [27] Yu P, Wang Z X, Sun X J, et al. Hydrogen-rich medium protects human skin fibroblasts from high glucose or mannitol induced oxidative damage[J]. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 2011, 409(2): 350–355.
- [28] Kato S, Saitoh Y, Iwai K, et al. Hydrogen-rich electrolyzed warm water represses wrinkle formation against UVA ray together with type-I collagen production and oxidative-stress diminishment in fibroblasts and cell-injury prevention in keratinocytes[J]. *Journal of Photochemistry and Photobiology B, Biology*, 2012, 106: 24–33.
- [29] Zhang X Y, Yu P, Hong N, et al. Effect and mechanism of hydrogen-rich bath on mice with imiquimod-induced psoriasis[J]. *Experimental Dermatology*, 2023, 32(10): 1674–1681.
- [30] Kubota M, Shimmura S, Kubota S, et al. Hydrogen and N-acetyl-L-cysteine rescue oxidative stress-induced angiogenesis in a mouse corneal alkali-burn model[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2011, 52(1): 427–433.
- [31] Igarashi T, Ohsawa I, Kobayashi M, et al. Hydrogen prevents corneal endothelial damage in phacoemulsification cataract surgery[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 31190.
- [32] Chen T, Tao Y, Yan W M, et al. Protective effects of hydrogen-rich saline against N-methyl-N-nitrosourea-induced photoreceptor degeneration[J]. *Experimental Eye Research*, 2016, 148: 65–73.
- [33] Zheng M N, Yu H, Xue Y, et al. The protective effect of hydrogen-rich water on rats with type 2 diabetes mellitus[J]. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 2021, 476(8): 3089–3097.
- [34] Xiao X, Cai J P, Xu J J, et al. Protective effects of hydrogen saline on diabetic retinopathy in a streptozotocin-induced diabetic rat model[J]. *Journal of Ocular Pharmacology and Therapeutics*, 2012, 28(1): 76–82.
- [35] Fujita K, Seike T, Yutsudo N, et al. Hydrogen in drinking water reduces dopaminergic neuronal loss in the 1-methyl-4-phenyl-1, 2, 3, 6-tetrahydropyridine mouse model of Parkinson's disease[J]. *PLoS One*, 2009, 4(9): e7247.
- [36] Yoritaka A, Takanashi M, Hirayama M, et al. Pilot study of H₂ therapy in Parkinson's disease: A randomized double-blind placebo-controlled trial[J]. *Movement Disorders*, 2013, 28(6): 836–839.
- [37] Li J, Wang C, Zhang J H, et al. Hydrogen-rich saline improves memory function in a rat model of amyloid-beta-induced Alzheimer's disease by reduction of oxidative stress[J]. *Brain Research*, 2010, 1328: 152–161.
- [38] 王濛, 仪杨, 孙梦婷, 等. 富氢水和富氢生理盐水生物医学研究进展: 动物实验[J]. 生物技术进展, 2022, 12

- (3): 332-343.
- [39] 仪杨, 赵鹏翔, 刘梦昱, 等. 富氢水和富氢生理盐水生物医学研究进展: 临床试验[J]. 生物技术进展, 2022, 12(3): 344-351.
- [40] 张磊. 《本草问答》的文献研究[D]. 济南: 山东中医药大学, 2016.
- [41] 张锡纯. 医学衷中参西录[M]. 太原: 山西科学技术出版社, 2009.
- [42] 葛永盛, 季利江, 王业皇. 呼氢试验对慢性功能性便秘中医辨证分型的临床意义[J]. 湖南中医杂志, 2006, 22(2): 67-68.
- [43] 郑军, 田书瑞, 丁丹丹. 小儿腹痛中医辨证分型与呼氢气试验相关性研究[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(7): 1745-1747.
- [44] 莫若徽. 基于中医体质的2型糖尿病视网膜病变的氢分子医学探讨[D]. 上海: 上海中医药大学, 2020.
- [45] 李超富, 高云姝, 周洲, 等. 富氢水协同金复康口服液阻断硫代乙酰胺诱发大鼠胆管癌上皮癌变的实验研究[J]. 解放军医学院学报, 2019, 40(6): 586-589.
- [46] Ku J Y, Park M J, Park H J, et al. Combination of Korean red ginseng extract and hydrogen-rich water improves spermatogenesis and sperm motility in male mice [J]. Chinese Journal of Integrative Medicine, 2020, 26(5): 361-369.
- [47] 张开军. 一种含氢多功能中药吸入装置: CN213491345U[P]. 2021-06-22.
- [48] 周平乐, 余锡宾, 王行, 等. 一种制氢中药包及其制备方法: CN109602776B[P]. 2022-04-08.
- [49] 杨海燕, 应乐安, 姚天宇, 等. 一种氢中药共吸雾化系统及雾化器: CN219271823U[P]. 2023-06-30.

Hydrogen Chinese medicine: An emerging research direction in the field of hydrogen medicine

YANG Haiyan^{1,2*}, WANG Weiyang^{1,3}, YING Lean^{1,2}, SUN Zhixuan^{1,2}, DING Zhiguang^{2,4}, DING Wenjiang^{1,2,4*}

1. Shanghai Key Laboratory of Hydrogen Science & Center of Hydrogen Science, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China
2. School of Materials Science and Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China
3. School of Pharmacy, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China
4. Light Alloy Precision Forming National Engineering Research Center, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

Abstract This study explores the concept related to hydrogen and its manifestation in hydrogen Chinese medicine (HCM) from the perspective of traditional Chinese medicine (TCM) theory. It provides a comprehensive overview of the current research status in hydrogen medicine from both modern medical and TCM perspectives. Furthermore, it outlines the future directions to integrate hydrogen into HCM. In modern medicine, extensive research on hydrogen has targeted at the conditions including respiratory, endocrine metabolic disorders, cardiovascular and cerebrovascular diseases, and eye-related illnesses. Research findings have indicated the hydrogen's beneficial role in prevention and treatment, yet challenges still remain, such as limited clinical trials and undefined molecular mechanisms. HCM is an emerging field of research, which currently only focuses on hydrogen's synergistic effects with traditional Chinese medicines and the development of related equipment. Future research in HCM should delve into how hydrogen aligns with the principles of TCM treatment, establish a theoretical framework for HCM, and develop HCM therapeutic methods. It should also employ modern scientific research methods to evaluate the feasibility and mechanisms of hydrogen under the guidance of TCM theories. Additionally, conducting clinical trials to provide clinical data for HCM applications will provide valuable insights for the diversified development of hydrogen medicine.

Keywords hydrogen; traditional Chinese medicine; mutual transformation of gas and water; Yin-Yang theory ●



(责任编辑 赵庆圆)