

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.02.007
文章编号: 1005-8982 (2025) 02-0038-06

综述

不同运动处方对同型半胱氨酸影响的研究进展*

高露^{1,2}, 裴志强³, 秦晋梅², 薛伟珍⁴

(1.山西医科大学附属第九临床学院, 山西 太原 030000; 2.太原市中心医院 心血管内科, 山西 太原 030000; 3.复旦大学附属中山医院 心内科, 上海 200000; 4.山西省太原市医学会, 山西 太原 030000)

摘要: 同型半胱氨酸(Hcy)是蛋氨酸代谢的重要中间产物,其表达升高不仅是高血压的独立危险因素,而且在导致心脑血管事件上具有显著的协同作用,使发病概率大幅增加。影响Hcy浓度的因素包括年龄、性别、遗传、饮食和体力活动。尽管体育锻炼被证明能降低心血管风险,但其对Hcy浓度的影响尚不明确,研究结果存在矛盾。前期研究表明,多数情况下剧烈运动会使健康人群Hcy浓度升高,但轻度或中等强度运动通常会降低心血管疾病或神经系统疾病患者的Hcy水平。该研究旨在探讨不同运动对心脑血管人群等H型高血压患者Hcy浓度的影响,以期制订个体化运动防治H型高血压提供新思路。

关键词: 同型半胱氨酸;心肺运动试验;运动处方

中图分类号: R446.1

文献标识码: A

Advances in the effects of different exercise prescriptions on homocysteine levels*

Gao Lu^{1,2}, Pei Zhi-qiang³, Qin Jin-mei², Xue Wei-zhen⁴

(1. The Ninth Clinical College of Shanxi Medical University, Taiyuan, Shanxi 030000, China; 2. Department of Cardiology, Taiyuan Central Hospital, Taiyuan, Shanxi 030000, China; 3. Department of Cardiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200000, China; 4. Taiyuan Medical Association, Taiyuan, Shanxi 030000, China)

Abstract: Homocysteine (Hcy) is an important intermediate in methionine metabolism. Elevated Hcy is not only an independent risk factor for hypertension but also significantly synergizes with hypertension in causing cardiovascular and cerebrovascular events, thereby greatly increasing their incidence rates. Factors influencing Hcy levels include age, sex, genetics, diet, and physical activity. Although physical exercise has been shown to reduce cardiovascular risks, its effect on Hcy levels remains unclear with conflicting research findings. Most previous studies suggest that intense exercise tends to elevate Hcy levels in healthy individuals, whereas mild to moderate exercise often lowers Hcy levels in patients with cardiovascular or neurological diseases. This review aims to discuss the effects of different types of exercise on Hcy levels in patients with H-type hypertension, providing novel insights for developing personalized exercise interventions for the prevention and management of H-type hypertension.

Keywords: homocysteine; cardiopulmonary exercise testing; exercise prescription

收稿日期: 2024-07-29

*基金项目: 中国医学科学院中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(No:2022-JKCS-30); 2022年太原市区域医疗中心科技创新计划项目(No:202242)

[通信作者] 薛伟珍, E-mail: XWZ3868@163.com; Tel: 13753122248

同型半胱氨酸(Homocysteine, Hcy)是一种含硫氨基酸,是蛋氨酸去甲基化过程中重要的中间产物。Hcy主要在蛋氨酸合成酶的催化下代谢为蛋氨酸。这一再甲基化过程需要维生素B12和叶酸作为辅助因子。缺乏叶酸和维生素B12可能影响蛋氨酸合成酶的活性,从而导致高同型半胱氨酸血症(hyperhomocysteinemia, HHcy)^[1]。血清总同型半胱氨酸(total homocysteine, tHcy)浓度升高会导致斑块形成,从而增加心血管疾病和神经退行性疾病的风险^[2]。目前为止,高tHcy浓度是否构成危险因素或风险尚未达成共识,但HHcy与高血压在脑卒中和冠心病等疾病的发病风险上具有显著的协同作用。我国约3/4的高血压患者伴有HHcy,为了强调其危害性与普遍性,我国学者提出了H型高血压的概念,即原发性高血压伴HHcy(Hcy \geq 10 μ mol/L)。根据最新的调查数据显示,中国H型高血压患者大约占高血压人群的70%^[3]。因此,降低血浆Hcy水平的研究尤为重要。

影响Hcy浓度的因素有很多,如年龄、性别、遗传、药物治疗、饮酒、吸烟习惯、营养和体力活动^[4]。体育锻炼已被充分证明是降低心血管风险的重要因素。然而,尚不清楚运动或体力活动是否会改变或影响tHcy浓度。过去几年,一些研究重点关注运动对tHcy浓度的影响,但获得的结果相互矛盾。笔者认为,研究结果不同,可能是由于运动方式、训练项目、受试人群或血样采集时间和方法的不同所致。此外,运动这一概念过于笼统,涵盖了生理学中涉及的多种不同的运动反应,容易导致对结果外推时的误解。

本研究旨在为H型高血压患者制订个体化的运动处方,探讨不同运动对血浆Hcy浓度的影响,以及哪种运动方式有利于降低tHcy浓度以促进身体健康。通过深入分析不同运动对tHcy浓度的影响,希望能够为H型高血压的防治提供新的思路 and 依据。

1 不同运动对Hcy浓度的影响

规律运动能影响身体的所有生理系统,有文献详细描述了其对健康的益处,以及预防心血管和其他慢性疾病的作用^[5]。近年来,许多研究关注运动如何影响Hcy,并进行了深入研究,但运动对其的影

响仍存在争议。主要问题在于不同运动对tHcy产生了不同生理效应,此外,研究目标、方法和研究人群的多样性导致了结果的不同。本文通过对已发表的文章进行回顾,总结了不同运动对不同人群tHcy的影响,试图阐明和总结运动或训练如何影响Hcy。在正常人群或经常锻炼的人群中,有13项研究发现不同运动模式会导致tHcy升高^[6-18],有3项研究发现运动导致tHcy降低^[19-21],有5项研究发现运动对tHcy无影响^[7,9,11,22-23]。

高强度急性运动普遍导致正常人群tHcy浓度增加。KÖNIG等^[7]发现,在铁人三项比赛后1 h tHcy增加了12%,24 h后增加了11%。类似地,HERRMANN等^[6]观察到马拉松赛后运动员tHcy浓度增加了64%,而100 km跑和120 km山地自行车赛后tHcy没有显著变化,这可能与运动的强度和持续有关。其他研究,如REAL等^[8]也观察到在马拉松比赛后24 h内tHcy浓度升高了19%。GELECEK等^[9]研究显示,急性有氧运动后tHcy增加了7%。VENTA等^[10]通过递增至衰竭的自行车测功仪和皮划艇测功仪测试发现,急性运动后tHcy升高了8%。此外,IGLESIAS-GUTIÉRREZ等^[12]研究了2次等热量自行车运动试验,发现高强度组在运动期间tHcy升高了26%,低强度组升高了9%。MAROTO-SÁNCHEZ等^[13]研究表明,最大强度运动和次最大恒定运动后tHcy分别升高了10%和17%。DEMİNICE^[24]等发现,高强度冲刺运动后1 h内tHcy升高了18%,结果表明急性运动通常会引起tHcy增加,而与先前的训练水平、强度和持续时间无关。在这些研究中,尽管运动类型和强度不同,急性运动后正常人群的tHcy均有所增加。以上发现强调了运动诱导的tHcy变化的普遍性及其可能的临床意义。

也有其他研究表明不同强度的运动并未显著影响正常人群的tHcy水平。SOTGIA等^[11]比较了运动员和非运动员,发现急性运动后tHcy没有变化,但还原型Hcy减少。另一方面,HAMMOUDA等^[22]在急性运动后没有发现tHcy浓度的变化,这可能是由于仅通过30 s的Wingate测试进行,不足以刺激蛋氨酸的合成。此外,KÖNIG等^[7]总结道,尽管急性运动显著增加了tHcy,但慢性耐力运动与较高的血浆tHcy浓度无关,个体的健康状况也会影响代谢途

径。有研究显示,活跃和久坐不动的人群急性效应具有相同的 tHcy 增量反应^[23]。这可能是由于剧烈运动加速了蛋白质周转代谢和肌肉中的氨基酸库,导致中间代谢和 Hcy 形成的分解代谢增加。

在心血管疾病患者或超重人群中,运动普遍能降低 tHcy 的浓度。针对超重或肥胖的多囊卵巢综合征年轻女性,进行至少 3 次/周、20~60 min/次的快速步行有氧运动,持续 6 个月后,发现运动组的 tHcy 水平降低了 27%,这一显著变化在 tHcy 较高的患者中尤为明显^[25]。有研究发现,在老年人中抗阻运动同样显示了对 tHcy 的抑制作用,两个训练组(13 次 50% 最大重复重量与 8 次 80% 最大重复重量)进行 3 次/周共 6 个月的抗阻训练,老年人 tHcy 均降低了 5%^[26]。此外,在正常体重和超重老年人中,抗阻训练后 tHcy 水平也显著降低,与对照组相比,降低幅度为 5%^[27]。对 Hcy 血症组人群进行 3 次/周共 20 周的自行车测功仪训练,结果显示 tHcy 水平显著降低^[19]。同样,经过 28 d 的跑步机有氧和无氧训练,久坐男性的 tHcy 水平降低了 17%^[20]。对于高血压患者,每周进行有规律的有氧运动,结果显示这些患者患 HHcy 的风险显著降低^[28]。此外,耐力训练对中年男性的影响也值得关注。经常进行耐力运动的中年男性,其基础血浆 tHcy 和总半胱氨酸浓度明显低于未进行耐力运动的对照组^[21]。针对冠心病患者的研究也表明,3 次/周共 12 周的有氧和心脏康复运动后,患者 tHcy 水平显著降低^[29]。这些研究结果表明,特定的有氧和抗阻运动干预可以有效抑制心血管疾病患者或超重人群的 tHcy 浓度。这种抑制作用可能与运动引起的代谢改善、血流量增加和氧化应激降低等因素有关。

Hcy 的外周表达升高与冠心病、脑卒中、糖尿病和癌症的风险增加相关,还与认知障碍有关。在导致神经退行性疾病(包括阿尔茨海默氏病)发病机制的多种病因中,Hcy 似乎直接促进神经毒性因子的产生,有研究推测,运动可以降低 HHcy 引起的神经系统并发症风险^[30]。在接受左旋多巴治疗的帕金森病(Parkinson's disease, PD)患者中,血清 Hcy 浓度升高很常见。有研究表明,即使进行常规左旋多巴治疗,经常运动的 PD 患者的 Hcy 浓度也显著低于不运动的患者,且与健康对照人群相似^[31]。另一项研究也表明,PD 患者的 Hcy 水平升高,在接受 2 次/周

有氧和力量训练后,这些患者的 Hcy 水平得到改善^[32]。流行病学研究表明,血浆 tHcy 浓度升高与动脉疾病引起的缺血性脑卒中风险增加有关^[33]。在 50 例脑卒中患者进行高强度运动或低强度灵活性运动后,其 tHcy 水平显著降低^[34]。以上研究表明,运动对正常人群 Hcy 的影响尚存在争论,但多数研究表明运动可以改善心血管疾病和神经系统疾病患者的 Hcy 水平。Hcy 或许还与其他疾病有或多或少的联系,但尚未见到相关研究。

上述研究中,许多实验研究通过改变运动的强度、持续时间和类型来检验运动对 tHcy 浓度的影响。结果表明,运动对 Hcy 水平的影响似乎取决于训练的强度和频率、年龄、性别以及当前的危险因素^[35]。根据当前的研究,还不能断言 Hcy 浓度可以随着运动而改变,但剧烈运动通常会导致 tHcy 升高,尤其是正常人群 tHcy,而心血管疾病患者或超重人群适当的运动普遍能降低 tHcy 的浓度。对于患有心血管疾病和神经系统疾病、不易进行剧烈运动的患者,其运动耐量普遍较低,辅以较为温和的有氧运动或灵活性训练较为适宜。

正确的运动干预可以改善肥胖患者血压、血脂状况、胰岛素敏感性、炎症标志物和生活质量,并显著降低死亡风险^[36]。有研究表明,耐力训练、动态阻力训练、联合训练和等长阻力训练可显著降低舒张压,除联合训练外,其他训练均可降低收缩压,且降低幅度相似^[37]。然而,由于患有疾病的患者个体因素不同,具有不同的机械负荷、遗传特征和致病环境,不能采取“一刀切”的运动处方。所以需要通过对不同人群 tHcy 等生理指标进行深入研究,来制订改善机体的高效、高依从性的最佳运动方案。

2 运动处方的制订与研究进展

通气阈值(ventilatory threshold, VT)是指在递增负荷运动中,肺通气量增加脱离线性变化的拐点。在递增负荷运动期间,逐渐增加的强度会导致呼吸增加,从而允许更大体积的空气进出肺部,以促进氧气的输送和二氧化碳的排出。每分钟内进出肺部的通气量称为每分通气量(minute ventilation, VE)。除了在第一通气阈值(VT1)和第二通气阈值(VT2)处的 2 个偏转点外,VE 以线性方式增加。在 VT1 以

下,脂肪是主要的燃料来源,产生少量乳酸。此时,心肺负担主要来自需要增加的吸气,而不是呼气,身体通过增加每次呼吸的潮气量做出反应。在VT1时,身体的能量来源逐渐从脂肪和碳水化合物的有氧供能转换为糖酵解供能,乳酸开始在血液中积聚,碳酸氢盐缓冲系统仍可以中和增加的乳酸。乳酸处理后导致细胞产生的二氧化碳增加,从而通过增加呼吸频率来提高通气量,出现VE的第1个偏转点,VT1也被称为第一乳酸阈和有氧阈。当身体的缓冲乳酸速率跟不上乳酸产生速率时,血液pH值开始下降,外周化学感受器受到刺激,进一步启动大脑呼吸中枢的代偿机制,导致呼吸频率再次增加,造成VE的第2次非线性增加,这个显著的拐点即为VT2,即心肺运动试验中的呼吸代偿点。此时血乳酸为4.0~6.0 mmol/L,如果在VT2或以上强度继续运动,血乳酸水平会迅速升高。在VT2附近的运动强度代表一个人可以维持20~30 min的最高强度。增加VT2附近的运动量可以提高运动表现,这种训练能提升跑步运动员的抗疲劳性,增加乳酸消除能力,使其在同样的能量消耗下跑得更远更快。

运动强度的划分可以通过生理最大值的相对百分比概念,分为低、较低、中等、较大、次大到最大强度区域,每个强度区域都有一个标准化的运动强度百分比范围。以生理阈值概念划分,静息到VT1的强度属于中等偏低,VT1被定义为中等强度,VT1~VT2的运动属于中等偏高强度,VT2附近的强度为高强度,VT2到最大摄氧量及以上的运动属于高强度到极高强度领域^[38]。循环抗阻训练是一种运动强度较小、动作重复次数较多的训练模式,由多个涉及不同肌群的动作组成,具有抗阻训练的刺激效应和有氧运动的能量代谢特点。循环抗阻训练在心脏康复领域中已被推荐为常用的抗阻训练模式^[39]。

笔者设计了以下运动模式:持续中等强度有氧运动、低强度有氧运动、高强度间歇训练、抗阻运动及联合运动。通过保证两组在相同阶段每周消耗相同能量来计算个体化运动时间,持续3次/周,共12周,监测训练中心率、血压,参与者完成85%的课程后纳入评估。运动方式选择功率自行车,根据心率储备区间调整强度,个体化调整自行车的功率和速度,分别在入组前、运动1个月后、运动3个月后测

定血浆Hcy变化。对于以上设计的运动模式会对Hhcy产生何种影响,仍需进一步验证。

3 总结

综上所述,叶酸、维生素B6、维生素B12和甜菜碱是治疗HHcy的常见措施;利用内源性Hcy拮抗剂、阿托伐他汀、异黄酮防治HHcy也已取得初步成效;中药和基因治疗方法逐渐被应用。虽然运动对正常人群Hcy的影响尚存争议,但多数研究表明运动可改善心血管疾病和神经系统疾病患者Hcy水平。

参 考 文 献 :

- [1] TRIPATHI M, SINGH B K, ZHOU J, et al. Vitamin B12 and folate decrease inflammation and fibrosis in NASH by preventing syntaxin 17 homocysteinylation[J]. *J Hepatol*, 2022, 77(5): 1246-1255.
- [2] 陈丽君, 赵文杰, 陈浩, 等. 胞磷胆碱钠胶囊联合尤瑞克林治疗急性脑梗死的效果及对血清Hcy、CRP水平的影响[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(16): 55-59.
- [3] 叶桂云, 陈丽娟, 蒋凌, 等. H型高血压患者亚甲基四氢叶酸还原酶A1298C基因多态性对叶酸治疗后颈动脉内膜中层厚度的影响[J]. *中华高血压杂志*, 2024, 32(4): 382-385.
- [4] 于天良, 沈丽梅, 徐成亮. 妊娠高血压综合征患者血清NGAL、Hcy变化及其对早期肾损害的诊断价值[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(5): 86-90.
- [5] 罗曦娟, 李新, 张献博, 等. 慢性疾病运动处方新进展——《ACSM运动测试与运动处方》(第11版)更新记[J]. *中国运动医学杂志*, 2023, 42(8): 658-664.
- [6] HERRMANN M, SCHORR H, OBEID R, et al. Homocysteine increases during endurance exercise[J]. *Clin Chem Lab Med*, 2003, 41(11): 1518-1524.
- [7] KÖNIG D, BISSÉ E, DEIBERT P, et al. Influence of training volume and acute physical exercise on the homocysteine levels in endurance-trained men: interactions with plasma folate and vitamin B12[J]. *Ann Nutr Metab*, 2003, 47(3/4): 114-118.
- [8] REAL J T, MERCHANTE A, GÓMEZ J L, et al. Effects of marathon running on plasma total homocysteine concentrations[J]. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 2005, 15(2): 134-139.
- [9] GELECEK N, TEOMAN N, OZDIRENC M, et al. Influences of acute and chronic aerobic exercise on the plasma homocysteine level[J]. *Ann Nutr Metab*, 2007, 51(1): 53-58.
- [10] VENTA R, CRUZ E, VALCÁRCEL G, et al. Plasma vitamins, amino acids, and renal function in postexercise hyperhomocysteinemia[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 2009, 41(8): 1645-1651.
- [11] SOTGIA S, CARRU C, CARIA M A, et al. Acute variations in

- homocysteine levels are related to creatine changes induced by physical activity[J]. *Clin Nutr*, 2007, 26(4): 444-449.
- [12] IGLESIAS-GUTIÉRREZ E, EGAN B, DÍAZ-MARTÍNEZ Á E, et al. Transient increase in homocysteine but not hyperhomocysteinemia during acute exercise at different intensities in sedentary individuals[J]. *PLoS One*, 2012, 7(12): e51185.
- [13] MAROTO-SÁNCHEZ B, VALTUEÑA J, ALBERS U, et al. Acute physical exercise increases homocysteine concentrations in young trained male subjects[J]. *Nutr Hosp*, 2013, 28(2): 325-332.
- [14] IGLESIAS-GUTIÉRREZ E, GARCÍA-GONZÁLEZ Á, MONTERO-BRAVO A, et al. Exercise-induced hyperhomocysteinemia is not related to oxidative damage or impaired vascular function in amateur middle-aged runners under controlled nutritional intake[J]. *Nutrients*, 2021, 13(9): 3033.
- [15] ÚBEDA N, CARSON B P, GARCÍA-GONZÁLEZ Á, et al. Muscular contraction frequency does not affect plasma homocysteine concentration in response to energy expenditure- and intensity-matched acute exercise in sedentary males[J]. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2018, 43(2): 107-112.
- [16] MAROTO-SÁNCHEZ B, LOPEZ-TORRES O, VALTUEÑA J, et al. Rehydration during exercise prevents the increase of homocysteine concentrations[J]. *Amino Acids*, 2019, 51(2): 193-204.
- [17] GUZEL N A, PINAR L, COLAKOGLU F, et al. "Long-term callisthenic exercise-related changes in blood lipids, homocysteine, nitric oxide levels and body composition in middle-aged healthy sedentary women"[J]. *Chin J Physiol*, 2012, 55(3): 202-209.
- [18] MOLINA-LÓPEZ J, MOLINA J M, CHIROSA L J, et al. Effect of folic acid supplementation on homocysteine concentration and association with training in handball players[J]. *J Int Soc Sports Nutr*, 2013, 10(1): 10.
- [19] OKURA T, RANKINEN T, GAGNON J, et al. Effect of regular exercise on homocysteine concentrations: the HERITAGE Family Study[J]. *Eur J Appl Physiol*, 2006, 98(4): 394-401.
- [20] CHOI J K, MOON K M, JUNG S Y, et al. Regular exercise training increases the number of endothelial progenitor cells and decreases homocysteine levels in healthy peripheral blood[J]. *Korean J Physiol Pharmacol*, 2014, 18(2): 163-168.
- [21] GAUME V, MOUGIN F, FIGARD H, et al. Physical training decreases total plasma homocysteine and cysteine in middle-aged subjects[J]. *Ann Nutr Metab*, 2005, 49(2): 125-131.
- [22] HAMMOUDA O, CHTOUROU H, CHAOUACHI A, et al. Effect of short-term maximal exercise on biochemical markers of muscle damage, total antioxidant status, and homocysteine levels in football players[J]. *Asian J Sports Med*, 2012, 3(4): 239-246.
- [23] BOREHAM C A G, KENNEDY R A, MURPHY M H, et al. Training effects of short bouts of stair climbing on cardiorespiratory fitness, blood lipids, and homocysteine in sedentary young women[J]. *Br J Sports Med*, 2005, 39(9): 590-593.
- [24] DEMINICE R, ROSA F T, FRANCO G S, et al. Effects of creatine supplementation on oxidative stress and inflammatory markers after repeated-sprint exercise in humans[J]. *Nutrition*, 2013, 29(9): 1127-1132.
- [25] RANDEVA H S, LEWANDOWSKI K C, DRZEWSKI J, et al. Exercise decreases plasma total homocysteine in overweight young women with polycystic ovary syndrome[J]. *J Clin Endocrinol Metab*, 2002, 87(10): 4496-4501.
- [26] VINCENT K R, BRAITH R W, BOTTIGLIERI T, et al. Homocysteine and lipoprotein levels following resistance training in older adults[J]. *Prev Cardiol*, 2003, 6(4): 197-203.
- [27] VINCENT H K, BOURGUIGNON C, VINCENT K R. Resistance training lowers exercise-induced oxidative stress and homocysteine levels in overweight and obese older adults[J]. *Obesity (Silver Spring)*, 2006, 14(11): 1921-1930.
- [28] WANG W, LI J, JI P, et al. Association between regular aerobic exercise and hyperhomocysteine in hypertensive patients[J]. *Postgrad Med*, 2020, 132(5): 458-464.
- [29] ALI A, MEHRA M R, LAVIE C J, et al. Modulatory impact of cardiac rehabilitation on hyperhomocysteinemia in patients with coronary artery disease and "normal" lipid levels[J]. *Am J Cardiol*, 1998, 82(12): 1543-1545.
- [30] LEÃO L L, FELÍCIO L F F, ENGEDAL K, et al. The link between exercise and homocysteine in the Alzheimer's disease: a bioinformatic network model[J]. *CNS Neurol Disord Drug Targets*, 2021, 20(9): 814-821.
- [31] NASCIMENTO C M C, STELLA F, GARLIPP C R, et al. Serum homocysteine and physical exercise in patients with Parkinson's disease[J]. *Psychogeriatrics*, 2011, 11(2): 105-112.
- [32] DIFRANCISCO-DONOGHUE J, LAMBERG E M, RABIN E, et al. Effects of exercise and B vitamins on homocysteine and glutathione in Parkinson's disease: a randomized trial[J]. *Neurodegener Dis*, 2012, 10(1/4): 127-134.
- [33] HANKEY G J, EIKELBOOM J W. Homocysteine and stroke[J]. *Curr Opin Neurol*, 2001, 14(1): 95-102.
- [34] TANG A, ENG J J, KRASSIOUKOV A V, et al. Exercise-induced changes in cardiovascular function after stroke: a randomized controlled trial[J]. *Int J Stroke*, 2014, 9(7): 883-889.
- [35] SHINAGAWA A, YAMAZAKI T, MINEMATSU A, et al. Changes in homocysteine and non-mercaptoalbumin levels after acute exercise: a crossover study[J]. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 2023, 15(1): 59.
- [36] PATTI A, MERLO L, AMBROSETTI M, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation programs in heart failure patients[J]. *Heart Fail Clin*, 2021, 17(2): 263-271.
- [37] CORNELISSEN V A, SMART N A. Exercise training for blood

- pressure: a systematic review and meta-analysis[J]. J Am Heart Assoc, 2013, 2(1): e004473.
- [38] ELBAZ BRAUN A, SOLT I, CONSTANTINI N. Physical activity during pregnancy and after birth[J]. Harefuah, 2023, 162(3): 146-151.
- [39] HANSEN D, ABREU A, AMBROSETTI M, et al. Exercise intensity assessment and prescription in cardiovascular rehabilitation and beyond: why and how: a position statement from the Secondary Prevention and Rehabilitation Section of

the European Association of Preventive Cardiology[J]. Eur J Prev Cardiol, 2022, 29(1): 230-245.

(李科 编辑)

本文引用格式: 高露, 裴志强, 秦晋梅, 等. 不同运动处方对同型半胱氨酸影响的研究进展[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(2): 38-43.

Cite this article as: GAO L, PEI Z Q, QIN J M, et al. Advances in the effects of different exercise prescriptions on homocysteine levels [J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(2): 38-43.