

doi: 10.3969/j.issn.1674-1242.2025.01.014

# 不同运动强度对老老年单纯收缩期高血压患者同型半胱氨酸水平的影响

余冰清, 陈梦瑶, 陆贺青, 方聪

(淳安县第一人民医院康复医学科, 浙江杭州 311700)

**【摘要】目的** 探讨不同运动强度对老老年单纯收缩期高血压 (ISH) 患者同型半胱氨酸水平 (Hcy) 的影响。**方法** 将 85 例老老年 ISH 患者随机分为低强度运动组 (以下简称“低强度组”,  $n=28$ )、中强度运动组 (以下简称“中强度组”,  $n=27$ ) 和自然活动组 (以下简称“对照组”,  $n=30$ )。3 组患者在血压控制达标的前提下按设定的运动强度运动, 在运动后 1 小时、24 小时、12 周及 24 周后, 以 Hcy 作为评价指标, 观察不同运动强度对老老年 ISH 患者 Hcy 的影响。**结果** 运动后 1 小时, 低、中强度组 Hcy 均升高 [(15.28 ± 4.00) vs (15.49 ± 3.94),  $P < 0.05$ ; (15.32 ± 4.03) vs (15.61 ± 3.76),  $P < 0.05$ ]; 运动后 24 小时, 低、中强度组 Hcy 均恢复至基线水平 [(15.28 ± 4.00) vs (15.28 ± 4.00),  $P > 0.05$ ; (15.32 ± 4.03) vs (15.33 ± 4.02),  $P > 0.05$ ]; 运动 12 周后, 中强度组 Hcy 降低 [(15.32 ± 4.03) vs (13.45 ± 2.85),  $P < 0.05$ ]; 运动 24 周后, 低、中强度组 Hcy 均降低 [(15.28 ± 4.00) vs (13.61 ± 2.58),  $P < 0.05$ ; (15.32 ± 4.03) vs (13.00 ± 2.56),  $P < 0.05$ ], 两组间无统计学差异 ( $P > 0.05$ )。**结论** 短期急性运动会增加老老年 ISH 患者 Hcy 水平, 与运动强度无关, 但急性运动后 Hcy 升高是短暂的, 可在 24 小时内恢复至基线水平。12 周的中强度运动能降低老老年 ISH 患者 Hcy 水平, 24 周的低、中强度运动均能降低老老年 ISH 患者 Hcy 水平。

**【关键词】** 运动强度; 单纯收缩期高血压; 同型半胱氨酸**【中图分类号】** R493**【文献标志码】** A

文章编号: 1674-1242 (2025) 01-0085-06

## The Effect of Different Exercise Intensities on Homocysteine in Elderly Patients with Isolated Systolic Hypertension

YU Bingqing, CHEN Mengyao, LU Heqing, FANG Cong

(Department of Rehabilitation Medicine, Chun'an County First People's Hospital, Hangzhou, Zhengjiang 311700, China)

**【Abstract】 Objective** To investigate the effect of different exercise intensities on homocysteine in elderly patients with isolated systolic hypertension (ISH). **Methods** Eighty-five elderly ISH patients were randomly divided into a low intensity exercise group (hereinafter referred to as “low intensity group”,  $n=28$ ), a moderate intensity exercise group (hereinafter referred to as “moderate intensity group”,  $n=27$ ) and a natural activity group (hereinafter referred to as “control group”,  $n=30$ ). Under the premise of achieving blood pressure control, the three groups were exercised according to the set exercise intensity. Hcy were measured as an evaluation index at one hour, 24 hours, 12 weeks and 24 weeks after exercise to observe the influence of different exercise intensity on Hcy in elderly ISH patients. **Result** At one hour after exercise, Hcy increased both in low and moderate intensity groups [(15.28 ± 4.00) vs (15.49 ± 3.94),  $P < 0.05$ ; (15.32 ± 4.03) vs (15.61 ± 3.76),  $P < 0.05$ ]; 24 hours after exercise, Hcy in both low and moderate intensity groups returned to baseline levels [(15.28 ± 4.00) vs (15.28 ± 4.00),  $P > 0.05$ ; (15.32 ± 4.03) vs (15.33 ± 4.02),  $P > 0.05$ ]; 12 weeks after exercise, Hcy in the moderate intensity group decreased [(15.32 ± 4.03) vs (13.45 ± 2.85),  $P < 0.05$ ]; 24 weeks after exercise, Hcy in both low and moderate intensity groups decreased [(15.28 ± 4.00) vs (13.61 ± 2.58),  $P < 0.05$ ; (15.32 ± 4.03) vs (13.00 ± 2.56),  $P < 0.05$ ], and there was no significant difference between the two groups ( $P > 0.05$ ).

收稿日期: 2024-12-01。

基金项目: 杭州市医药卫生科技项目 (B20200149)。

第一作者: 余冰清 (1991—), 女, 主治医师, 硕士, 主要从事中西医结合运动康复研究。

vs (15.61±3.76),  $P < 0.05$ ]. At 24 hours after exercise, Hcy in low and moderate intensity groups recovered to baseline level [(15.28±4.00) vs (15.28±4.00),  $P > 0.05$ ; (15.32±4.03) vs (15.33±4.02),  $P > 0.05$ ]. After 12 weeks of exercise, Hcy in moderate intensity group decreased [(15.32±4.03) vs (13.45±2.85),  $P < 0.05$ ]. After 24 weeks of exercise, Hcy in low and moderate intensity groups both decreased [(15.28±4.00) vs (13.61±2.58),  $P < 0.05$ ; (15.32±4.03) vs (13.00±2.56),  $P < 0.05$ ], there was no statistical difference between the two groups. **Conclusion** Short-term acute exercise will increase the level of Hcy in elderly ISH patients, regardless of exercise intensity. However, the increase of Hcy after acute exercise was short-lived and recovered to baseline level within 24 hours. Moderate intensity of exercise for 12 weeks will decrease Hcys levels of elderly ISH patients, and both low and moderate intensity of exercises for 24 weeks will decrease Hcy levels of elderly ISH patients.

**【Key words】** Exercise Intensity; Isolated Systolic Hypertension; Homocysteine

## 0 引言

年龄在 80 岁及以上的老年人称为老老年。随着生活水平的提高和老龄化的发展,老老年这一特殊人群的比例逐渐攀升。单纯收缩期高血压(Isolated Systolic Hypertension, ISH) 是老年人群中最主要的高血压类型<sup>[1]</sup>,是老老年人群心脑血管事件最主要的危险因素。增龄可导致老年人同型半胱氨酸(Homocysteine, Hcy)水平升高,80 岁以上老年人 Hcy 水平明显高于 60~69 岁人群<sup>[2]</sup>。Hcy 升高与冠心病、血管内皮功能障碍、ISH、卒中和外周血管疾病的风险增加密切相关<sup>[3]</sup>。研究表明<sup>[4]</sup>,Hcy 每增加 5 $\mu\text{mol/L}$ ,心血管事件发生的风险就会增加约 20%。当 Hcy 水平大于 14.3 $\mu\text{mol/L}$ 时,成为与死亡率升高独立相关的危险因素,其中全因死亡率为 54%、心血管疾病死亡率为 52%<sup>[5,6]</sup>。运动可以降低心血管疾病发生的风险<sup>[7]</sup>,同时可以降低血液中的 Hcy 水平<sup>[8]</sup>。但运动对 Hcy 的影响仍存在争议,尤其是不同运动强度对 Hcy 影响的差别仍不清楚。由于老老年人群的心肺功能和运动耐量均下降,目前针对这一特殊人群的运动研究也相对较少,因此本研究主要探讨不同运动强度对老老年 ISH 患者 Hcy 水平的影响。

## 1 研究对象和方法

### 1.1 研究对象

选取 2020 年 9 月 1 日至 2023 年 12 月 31 日本院康复科、老年科、体检中心门诊及住院部的 ISH 患者 85 例[男 37 例(43.5%),女 48 例(56.5%)],年龄(83.5±2.2)岁,采用随机数表分组法将其分

为低强度组( $n=28$ )、中强度组( $n=27$ )和对照组( $n=30$ )。所有受试者均签署知情同意书。本研究得到本院伦理委员会批准。

#### 1.1.1 入选标准

①年龄 $\geq 80$ 岁;②均符合《中国高血压防治指南 2010》<sup>[9]</sup>中的 ISH 诊断标准,即收缩压(Systolic Blood Pressure, SBP) $\geq 140$  mmHg 和舒张压(Diastolic Blood Pressure, DBP) $< 90$  mmHg;③无规律运动史(规律运动史:每周 3 次以上,每次 30 分钟以上,持续 3 个月以上);④血压控制良好(SBP $\leq 150$  mmHg),无运动禁忌证。

#### 1.1.2 排除标准

①急性冠状动脉综合征、频发室性早搏、完全性心脏传导阻滞及快速室上性心律失常未控制者;②慢性肾功能不全尿毒症期、慢性心功能不全(纽约心脏病协会心功能 IV 级)、严重肝病、恶性肿瘤者等。

### 1.2 运动处方

计算最大心率,计算公式为  $HR_{\max}=220 - \text{年龄}$ 。低强度组的运动强度为  $HR_{\max}$  的 60%,中强度组的运动强度为  $HR_{\max}$  的 70%,对照组则被要求完全按照日常生活习惯活动。低、中强度组佩戴具有心率检测作用的运动手环进行持续 30min 的快步走运动,其中达到规定强度的时间不能少于 20min,若患者无法一次完成,则可分段进行,每周 3 次,持续 24 周。

### 1.3 基础临床资料

入选者运动前均检测身高、体重、腰围、臀围、

SBP、DBP、Hcy 及高血压用药情况等，并计算身体质量指数 (Body Mass Index, BMI)、腰臀比，以上资料由组内相关人员负责测量。生化指标均由院内检验科完成，质控符合国家标准。

#### 1.4 降压药使用情况

对所有入选者的降压药使用情况进行统计，降压药主要有：血管紧张素转换酶抑制剂 (Angiotensin Converting Enzyme Inhibitor, ACEI)，主要包括卡托普利、培哌普利等；血管紧张素受体拮抗剂 (Angiotensin Receptor Blockers, ARB)，主要包括缬沙坦、厄贝沙坦等；钙拮抗剂 (Calcium Channel Blockers, CCB)，主要包括非洛地平、硝苯地平、尼莫地平等； $\beta$  受体阻滞剂，如美托洛尔缓释片等。联合用药主要有噻嗪类利尿剂 + ACEI/ARB、噻嗪类利尿剂 + 钙拮抗剂，或者固定配比复方制剂，如厄贝沙坦氢氯噻嗪片、培哌普利吲达帕胺片等。

#### 1.5 血压的测量

入选者的血压均在上午 8:00—11:00 用自动型数字显示电子血压计 (型号: microlife BP 3BTO-A) 测量上肢肱动脉 SBP 和 DBP，由组内相关人员负责测量。

#### 1.6 Hcy 的测定

分别在受试者入组时、运动后 1 小时、运动后 24 小时、运动后 12 周和运动后 24 周由院内检验科测定 Hcy。

#### 1.7 统计分析

应用 SPSS 20.0 统计软件进行统计分析，各组数据采用均数  $\pm$  标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示，对计量资料进行正态分布和方差齐性检验、卡方检验，组内干预前后采用配对样本  $t$  检验，组间比较采用单因素方差分析。

## 2 结果

### 2.1 各组一般资料比较

3 组年龄、性别、BMI、腰臀比及降压药使用情况的差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )，如表 1 所示。

### 2.2 3 组短期运动后 Hcy 值的比较

运动后 1 小时，低、中强度组 Hcy 均升高 (均为  $P < 0.05$ )，且低、中强度组间无差异 ( $P > 0.05$ )。运动后 24 小时，低、中强度组 Hcy 均下降，与基线值比较无差异 (均为  $P > 0.05$ )，对照组 Hcy 则均无显著变化 ( $P > 0.05$ )，如表 2 所示。

表 1 各组一般资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ )  
Tab.1 Basic information for each group ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	<i>n</i>	年龄 / 岁	性别 (男 / 女)	BMI / (kg/m <sup>2</sup> )	腰臀比
低强度组	28	84.1 $\pm$ 2.3	(11/17)	25.5 $\pm$ 3.6	0.90 $\pm$ 0.05
中强度组	27	83.2 $\pm$ 2.1	(13/14)	24.3 $\pm$ 3.7	0.88 $\pm$ 0.05
对照组	30	83.3 $\pm$ 2.2	(13/17)	24.4 $\pm$ 3.5	0.89 $\pm$ 0.05
组别	<i>n</i>	CCB[n(%)]	ACEI/ARB[n(%)]	$\beta$ 受体阻滞剂 [n(%)]	联合用药 [n(%)]
低强度组	28	6 (21.4)	10 (35.7)	5 (17.9)	7 (25.0)
中强度组	27	9 (33.3)	7 (25.9)	4 (14.8)	7 (25.9)
对照组	30	11 (36.7)	7 (23.3)	7 (23.3)	5 (16.7)

表 2 三组运动前、运动后 1 小时、运动后 24 小时 Hcy 值变化 ( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu\text{mol/L}$ )  
Tab.2 Changes in Hcy values before exercise 1 hour after exercise and 24 hours after exercise in the three groups ( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu\text{mol/L}$ )

时间	低强度组 ( <i>n</i> =28)	中强度组 ( <i>n</i> =27)	对照组 ( <i>n</i> =30)	<i>F</i>	<i>P</i>
运动前	15.28 $\pm$ 4.00	15.32 $\pm$ 4.03	15.46 $\pm$ 2.70	0.021	0.979
运动后 1 小时	15.49 $\pm$ 3.94*	15.61 $\pm$ 3.76*	15.43 $\pm$ 2.68	0.019	0.982
运动后 24 小时	15.28 $\pm$ 4.00	15.33 $\pm$ 4.02	15.42 $\pm$ 2.66	0.012	0.989

注：与运动前比较，\* $P < 0.05$ 。

### 2.3 3组长期运动后 Hcy 值的比较

运动12周后,中强度组 Hcy 值降低( $P < 0.05$ ),低强度组与对照组之间无显著差异(均  $P > 0.05$ );运动24周后,低、中强度组 Hcy 值均降低(均为  $P < 0.05$ ),且两组间无显著差异( $P > 0.05$ )。对照组 Hcy 均无显著差异( $P > 0.05$ ),如表3所示。

表3 3组运动前、运动12周后、运动24周后 Hcy 值变化( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu\text{mol/L}$ )

Tab.3 Changes in Hcy values before exercise, after exercise for 12 weeks and after exercise for 24 weeks in the three groups( $\bar{x} \pm s$ ,  $\mu\text{mol/L}$ )

时间	低强度组 ( $n=28$ )	中强度组 ( $n=27$ )	对照组 ( $n=30$ )	$F$	$P$
运动前	15.28 $\pm$ 4.00	15.32 $\pm$ 4.03	15.46 $\pm$ 2.70	0.021	0.979
运动12周后	15.23 $\pm$ 3.93	13.45 $\pm$ 2.85*	15.59 $\pm$ 2.95	3.388	0.039
运动24周后	13.61 $\pm$ 2.58*	13.00 $\pm$ 2.56*	15.55 $\pm$ 2.88	7.095	0.001

注:与运动前比较,\* $P < 0.05$ 。

平,24周的低、中强度均可降低老老年 ISH 患者 Hcy 水平。

一方面,老老年 ISH 患者受增龄及高 SBP 的影响,其大动脉扩张,动脉壁增厚,动脉硬化;另一方面,Hcy 随增龄导致内皮细胞功能障碍,同时与动脉粥样硬化性疾病相关的内皮细胞和平滑肌细胞凋亡。研究表明,Hcy 每增加  $2.5\mu\text{mol/L}$ ,心脑血管事件发生风险增加 10%<sup>[10]</sup>。与 Hcy 浓度低于  $9\mu\text{mol/L}$  相比,Hcy 浓度高于  $20\mu\text{mol/L}$ ,心肌梗死风险增加 9 倍,Hcy 浓度高于  $20\mu\text{mol/L}$  与脑卒中的发生也密切相关<sup>[11]</sup>。Hcy 在体内的积累可能是内源性因素的结果,如参与 Hcy 代谢酶编码合成的基因异常;也可能是外源性因素的结果,如缺乏维生素 B6、B12、叶酸或蛋氨酸等。而持续的 Hcy 升高将导致高同型半胱氨酸血症(HHcy),HHcy 既与老年人群的生理机能下降密切相关,如骨骼肌无力和萎缩<sup>[12]</sup>,又与多种神经退行性疾病的风险增加之间存在联系,包括阿尔兹海默症、帕金森病和中风等<sup>[11]</sup>。运动可降低老年人群的 Hcy 水平,尤其是对 ISH 患者而言,规律的有氧运动与高 Hcy 风险呈负相关<sup>[13]</sup>。

短期急性运动后 Hcy 水平会升高。一项荟萃分析表明,急性运动后 Hcy 水平比运动前提高了  $1.18\mu\text{mol/L}$ <sup>[14]</sup>。很多研究也观察到了这一点,在这些研究中,运动类型包括跑步<sup>[15]</sup>、爬楼梯<sup>[16]</sup>、散

### 3 讨论

本研究发现,对于无规律运动史的老老年 ISH 患者,短期急性低、中强度运动均会增加其 Hcy 水平,但运动后 Hcy 的升高是短暂的,可在 24 小时内恢复至基线水平。就长期规律运动获益性而言,12 周的中强度运动能降低老老年 ISH 患者 Hcy 水

步<sup>[17]</sup>、铁人三项<sup>[18]</sup>、骑自行车<sup>[19]</sup>、抗阻运动<sup>[20]</sup>等。由此可见,这种 Hcy 升高与运动类型无关。而本研究表明,对于 80 岁以上老老年 ISH 人群,低、中强度运动后 1 小时均出现了 Hcy 升高的情况,表明这种 Hcy 升高与运动持续时间和强度无明显的相关性。因此,我们认为运动后 Hcy 水平的升高仅因为急性运动本身,是一种运动后效应。对无规律运动史的老老年人群来说,其运动能力下降明显,单次低、中强度运动区别于长期久坐不动的生活习惯,属于急性运动。尽管很多研究表明急性运动后 Hcy 升高,但对产生这种情况的作用机制仍不明了。一些研究假设运动引起的蛋白质分解代谢增加是 Hcy 升高的原因。急性运动后血浆及肌肉氨基酸增加,糖原储备减少,从而增加了机体对维生素 B6 和叶酸的需求以分解去除 Hcy<sup>[21]</sup>。一旦开始运动,所需甲基化分子数量增加,导致 Hcy 增加<sup>[22]</sup>。本研究同时表明,Hcy 的升高是短暂的,可在 24 小时内恢复至基线水平,这与 Iglesias 等<sup>[23]</sup>的研究结果相似。这种由急性运动引起的 Hcy 升高与病理性疾病如慢性肾衰<sup>[24]</sup>、痴呆<sup>[25]</sup>和心血管疾病<sup>[26]</sup>引起的 Hcy 升高略有不同,很少有受试者在急性运动后出现 HHcy<sup>[21]</sup>,急性运动后引起的 Hcy 升高与发生心脑血管疾病的风险增加也无相关性<sup>[4]</sup>。

长期规律运动对 Hcy 的控制有积极作用。相关研究<sup>[27]</sup>显示,与缺乏运动的老年人相比,长期

坚持跳锅庄舞、慢跑、快走、练太极拳和爬山等有氧运动的老年人 Hcy 水平较低。栗玉辉<sup>[28]</sup>认为规律有氧运动 6 个月能有效降低 2 型糖尿病患者的 Hcy 水平。郑夏夏等<sup>[29]</sup>的研究表明,在每周至少 150 分钟、持续 6 个月的八段锦运动干预下,受试者 Hcy 水平、血糖、血脂均呈下降趋势。虽然以上研究中均未提供可控的强度参数(如最大摄氧量或最大心率等)来明确运动强度,但根据老年人群运动处方中的运动类型划分标准,以上研究中的有氧运动均属于中等强度运动。Vincent 等<sup>[30]</sup>在明确低、高强度分组后,研究认为 6 个月的抗阻运动可使低强度组老年人及高强度组老年人 Hcy 分别下降 5.30% 和 5.34%,对照组则升高 6.1%。运动降低 Hcy 水平的机制目前尚不十分明确。Hcy 可以代谢为琥珀酰辅酶 A,这是三羧酸(Tricarboxylic Acid, TCA)循环的中间站,运动后代谢需求的增加可能需要将 Hcy 转化为琥珀酰辅酶 A 作为增加 TCA 循环能量的生产原料<sup>[21]</sup>。运动与 Hcy 水平之间的另一个联系可能与心理有关。有研究认为<sup>[31]</sup>,Hcy 水平与敌意和愤怒情绪具有显著的相关性,而运动能缓解焦虑、提高自我认知、改善情绪和减少抑郁<sup>[32]</sup>。因此,运动后心理健康的改善可能也有利于 Hcy 水平的降低。

也有研究认为,运动不能降低老年人群 Hcy 水平,但对其认知、心肺功能、新陈代谢的提高<sup>[33]</sup>和动脉斑块形成的改善<sup>[34]</sup>有益,但相关研究中分析的运动仅为持续 8 周的中强度有氧运动。运动对 Hcy 的影响效应需要长期累积,因为运动效应的产生需要规律的重复性来维持<sup>[35]</sup>。此外,不同研究中受试者的年龄存在差异。对大多数研究结果来说,更大的运动强度、更高的运动频率或更长的运动时间带来的益处更多。但本研究中所有受试者均为 80 岁以上的老老年人群,受增龄影响,其身体机能下降,运动能力受限,运动风险大。众所周知,任何活动都比久坐好,但若要使运动获益最大化,需要超过建议的最低运动限度<sup>[36]</sup>。结合本研究结果,中等强度的运动是不错的选择,而步行是最简单也是最安全的中等强度运动形式<sup>[37]</sup>。

本研究也存在一些局限性。首先, Hcy 水平受

蛋氨酸、叶酸、维生素 B12、维生素 B6 摄入及其他饮食习惯(如摄入动物蛋白、喝咖啡、吸烟、饮酒等)的影响,同时遗传易感性、生活方式等也会对 Hcy 水平产生一定的影响,本研究未对上述变量进行控制。其次,本研究是在血压控制的基础上进行的,虽然各组间降压药使用情况无差异,但无法排除不同降压药对 Hcy 水平的影响。

综上所述,低、中强度运动对老老年人群 Hcy 水平均有影响。随着全球老龄化进程的加速,老老年人群规模扩大,对这一群体的研究也逐渐增多。运动疗法作为一种非药物治疗手段受到广泛关注,如何在保障该群体运动安全的基础上获得最大运动收益是未来的研究方向。

#### 参考文献

- [1] 张亚杰. 老年单纯收缩期高血压[J]. *中国实用医药*, 2012, 7(7): 51-53.  
ZHANG Yajie. Elderly isolated systolic hypertension[J]. *Chinese Practical Medicine*, 2012, 7(7): 51-53.
- [2] ALOMARI M A, KHABOUR O F, GHARAIBEH M Y, *et al.* Effect of physical activity on levels of homocysteine, folate, and vitamin B12 in the elderly[J]. *Physician and Sportsmedicine*, 2016, 44(1): 68-73.
- [3] SESHADRI S, BEISER A, SELHUB J, *et al.* Plasma homocysteine as a risk factor for dementia and Alzheimer's disease[J]. *New England Journal of Medicine*, 2002, 14(346): 476-483.
- [4] HUMPHREY L L, FU R, ROGERS K, *et al.* Homocysteine level and coronary heart disease incidence: a systematic review and meta-analysis[J]. *Mayo Clinic Proceedings*, 2008(83): 1203-1212.
- [5] SELHUB J, JACQUES PF, DALLAL G, *et al.* The use of blood concentrations of vitamins and their respective functional indicators to define folate and vitamin B12 status[J]. *Food and Nutrition Bulletin*, 2008(29): 67-73.
- [6] BOSTOM A G, SILBERSHATZ H, ROSENBERG I H, *et al.* Non-fasting plasma total homocysteine levels and all-cause and cardiovascular disease mortality in elderly framingham men and women[J]. *Archives of Internal Medicine*, 1999, 24(159): 1077-1080.
- [7] LEE D C, PATE R R, LAVIE C J, *et al.* Leisure-time running reduces all-cause and cardiovascular mortality risk[J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2014(64): 472-481.
- [8] MOORE S C, PATEL A V, MATTHEWS C E, *et al.* Leisure time physical activity of moderate to vigorous intensity and mortality: a large pooled cohort analysis[J]. *PLoS Medicine*, 2012(9): e1001335.
- [9] 刘力生. 中国高血压防治指南 2010[J]. *中华高血压杂志*, 2011, 19(8): 701-743.  
LIU Lisheng. 2010 Chinese guidelines for the management of hypertension[J]. *Chinese Journal of Hypertension*, 2011, 19(8): 701-743.

- [10] WILLIAMS K T, SCHALINSKE K L. Homocysteine metabolism and its relation to health and disease[J]. **Biofactors**, 2010, 36(1): 19-24.
- [11] MANOLESCU B N, OPREA E, FARCASANU I C, *et al.* Homocysteine and vitamin therapy in stroke prevention and treatment: a review[J]. **Acta Biochimica Polonica**, 2010, 57(4): 467-477.
- [12] 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.
- [13] WANG W, LI J, JI P, *et al.* Association between regular aerobic exercise and hyperhomocysteine in hypertensive patients[J]. **Postgraduate Medical Journal**, 2020, 132(5): 458-464.
- [14] DEMINICE R, RIBEIRO D F, FRAJACOMO F T. The effects of acute exercise and exercise training on plasma homocysteine: a Meta-analysis[J]. **PLoS One**, 2016, 11(3): e0151653.
- [15] IGLESIAS-GUTIÉRREZ E, GARCÍA-GONZÁLEZ Á, MONTE-RO-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.
- [16] BOREHAM C A, 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]. **British Journal of Sports Medicine**, 2005, 39(9): 590-593.
- [17] GELECEK N, TEOMAN N, OZDIRENC M, *et al.* Influences of acute and chronic aerobic exercise on the plasma homocysteine level[J]. **Annals of Nutrition and Metabolism**, 2007, 51(1): 53-58.
- [18] 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]. **Annals of Nutrition and Metabolism**, 2003, 47(3-4): 114-118.
- [19] SHINAGAWA A, YAMAZAKI T, MINEMATSU A, *et al.* Changes in homocysteine and non-mercaptoalbumin levels after acute exercise: a crossover study[J]. **BMC Sports Science Medicine and Rehabilitation**, 2023, 15(1): 59.
- [20] VINCENT K R, BRAITH R W, BOTTIGLIERI T, *et al.* Homocysteine and lipoprotein levels following resistance training in older adults[J]. **European Journal of Preventive Cardiology**, 2003, 6(4): 197-203.
- [21] HERRMANN M, SCHORR H, OBEID R, *et al.* Homocysteine increases during endurance exercise[J]. **Clinical Chemistry and Laboratory Medicine**, 2003, 41(11): 1518-1524.
- [22] SOTGIA S, CARRU C, CARIA M A, *et al.* Acute variations in homocysteine levels are related to creatine changes induced by physical activity[J]. **Clinical Nutrition**, 2007, 26(4): 444-449.
- [23] IGLESIAS-GUTIERREZ E, EGAN B, DIAZ-MARTINEZ A E, *et al.* Transient increase in homocysteine but not hyperhomocysteinemia during acute exercise at different intensities in sedentary individuals[J]. **PLoS One**, 2012(7): e51185.
- [24] JAKOVljeVIC B, GASIC B, KOVACEVIC P, *et al.* Homocystein as a risk factor for developing complications in chronic renal failure[J]. **Mater Sociomed**, 2015, 27(2): 95-98.
- [25] SHEN L, JI H F. Associations between homocysteine, folic acid, vitamin B12 and Alzheimer's disease: insights from Meta-analyses[J]. **Journal of Alzheimers Disease**, 2015, 46(3): 777-790.
- [26] SHI Z, GUAN Y, HUO Y R, *et al.* Elevated total homocysteine levels in acute ischemic stroke are associated with long-term mortality[J]. **Stroke**, 2015, 46(9): 2419-2425.
- [27] 朱爱琴, 黄郁玲, 李国峰, 等. 有氧运动对高原地区健康老年人血清中血管相关因子的影响[J]. **神经药理学报**, 2017, 7(3): 55.
- ZHU Ai-qin, HUANG Yuling, LI Guofeng, *et al.* The effect of aerobic exercise on serum vascular related factors in healthy elderly people in high-altitude areas[J]. **Acta Neuropharmacologica**, 2017, 7(3): 55.
- [28] 栗玉辉. 有氧运动对2型糖尿病患者同型半胱氨酸的影响[J]. **世界最新医学信息文摘**, 2015, 15(25): 47, 58.
- LI Yuhui. Effects of aerobic exercise on homocysteine in patients with type 2 diabetes[J]. **World Latest Medicine Information**, 2015, 15(25): 47, 58.
- [29] 郑夏夏, 林家仕. 八段锦运动干预对MS患者同型半胱氨酸的影响[J]. **体育科学研究**, 2022, 26(6): 62-69.
- ZHENG Xiaxia, LIN Jiashi. The Effect of Baduanjin exercise intervention on Homocysteine in MS patients[J]. **Sports Science Research**, 2022, 26(6): 62-69.
- [30] VINCENT K R, BRAITH R W, BOTTIGLIERI T, *et al.* Homocysteine and lipoprotein levels following resistance training in older adults[J]. **Preventive Cardiology**, 2003, 6(4): 197-203.
- [31] STONEY C M, ENGBRETSON T O. Plasma homocysteine concentrations are positively associated with hostility and anger[J]. **Life Sciences**, 2000, 66(23): 2267-2275.
- [32] SILVA L A D, TORTELLI L, MOTTA J, *et al.* Effects of aquatic exercise on mental health, functional autonomy and oxidative stress in depressed elderly individuals: a randomized clinical trial[J]. **Clinics (Sao Paulo)**, 2019(74): e322585.
- [33] ANTUNES H K, MELLO M T, LEMOS V D, *et al.* Aerobic physical exercise improved the cognitive function of elderly males but did not modify their blood homocysteine levels[J]. **Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra**, 2015, 5(1): 13-24.
- [34] ZHONG X, HE R, YOU S, *et al.* The roles of aerobic exercise and folate supplementation in hyperhomocysteinemia-accelerated atherosclerosis[J]. **Acta Cardiologica Sinica**, 2023, 39(2): 309-318.
- [35] HEMMETER U M, NGAMSRI T. Physical activity and mental health in the elderly[J]. **Praxis (Bern 1994)**, 2022, 110(4): 193-198.
- [36] LEE P G, JACKSON E A, RICHARDSON C R. Exercise prescriptions in older adults[J]. **American Family Physician**, 2017, 95(7): 425-432.
- [37] BARENGO N C, ANTIKAINEN R, BORODULIN K, *et al.* Leisure-time physical activity reduces total and cardiovascular mortality and cardiovascular disease incidence in older adults[J]. **Journal of the American Geriatrics Society**, 2017, 65(3): 504-510.