

# 高强度间歇训练在心血管疾病预防和管理中的应用进展

李岳<sup>1</sup> 余辉<sup>1</sup> 王建旗<sup>2</sup>

(1. 首都医科大学第四临床医学院, 北京 100176; 2. 首都医科大学附属北京同仁医院心血管内科, 北京 100010)

**【摘要】** 长期以来, 运动训练一直是预防心血管相关疾病和改善其预后的有效措施。目前, 指南推荐的中低强度有氧运动仍是主流的运动训练方式。近年来, 许多证据表明高强度间歇训练可改善心肺功能和血管内皮功能, 且训练耗时较短, 易被人们接受。因此, 高强度间歇训练或可成为针对心血管疾病的新运动处方。现结合国内外文献对高强度间歇训练在心血管疾病预防与管理方面的应用进展进行简要综述。

**【关键词】** 高强度间歇训练; 运动; 心血管疾病; 预防与管理

**【DOI】** 10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2020.03.003

## High-intensity Interval Training in Prevention and Management of Cardiovascular Disease

LI Yue<sup>1</sup>, YU Hui<sup>1</sup>, WANG Jianqi<sup>2</sup>

(1. *The Fourth Clinical Medical College of Capital Medical University, Beijing 100176, China*; 2. *Department of Cardiology, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100010, China*)

**【Abstract】** Physical activity has long been considered as the effective treatment for the prevention and improvement in prognosis of cardiovascular disease. Currently, moderate-intensity continuous training is the most popular exercise treatment recommended by guidelines. In recent years, increasing evidences support that high-intensity interval training (HIIT) can improve cardiopulmonary function and vascular endothelial function, and HIIT is more efficient and acceptable. Thus, HIIT may become a new exercise prescription for cardiovascular disease. Combining with domestic and foreign literatures, this article reviews the application progress of HIIT in prevention and management of cardiovascular disease.

**【Key words】** High-intensity interval training; Exercise; Cardiovascular disease; Prevention and management

目前, 心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD) 死亡占中国城乡居民总死亡原因的首位<sup>[1]</sup>。世界卫生组织的数据显示, 到 2030 年, 全球每年将有 2 300 万人死于 CVD<sup>[2]</sup>。美国心脏协会近期发布的报告强调了久坐不动的行为习惯将成为提高 CVD 发病率和死亡率的危险因素<sup>[3]</sup>, 运动不足也是中国 CVD 患者数上涨的重要原因之一<sup>[1]</sup>。大量证据显示运动训练能有效降低心血管相关死亡率<sup>[4,5]</sup>, 因此, 体育锻炼成为了防控 CVD 的重要手段。

2016 年欧洲心血管病预防指南中提出有氧运动, 尤其是中强度持续有氧训练 (moderate-intensity continuous training, MICT) 是现今推荐的锻炼方式<sup>[6]</sup>。然而近年来, 有证据表明高强度运动可能比中强度运动更有益处<sup>[7,9]</sup>。对于不常运动的人群, 特别是对 CVD 患者, 持续高强度运动难以实现且无法保证其安全性, 因此引入一种训练方法——高强度间歇训练

(high-intensity interval training, HIIT)。该方法是指进行多次短时间高强度运动训练, 每两次高强度训练之间穿插较低强度的运动训练或完全无负荷运动<sup>[8,10]</sup>。虽然高强度的持续运动很快就会导致疲劳, 但将高强度与低强度交替进行, 可使患者反复达到高强度的运动水平, 从而获得更大收益。此外, 每次运动时间过长是常见的坚持运动的障碍之一, HIIT 达到有效的运动量所用的时间更短, 效率更高, 能促进无运动习惯的人将运动训练纳入日常生活, 从而使人们更易于接受和长期坚持锻炼<sup>[7, 11]</sup>。现主要针对近几年的 HIIT 研究进展进行综述。

### 1 HIIT 在预防和管理 CVD 中的作用

提高 CVD 发病率和增加心血管事件发生率的危险因素包括高血压、糖尿病、运动不足、血脂异常、超重和肥胖等<sup>[1]</sup>。HIIT 不仅能直接改善机体功能, 还能通过降低危险因素的发生率和发病率预防 CVD。

## 1.1 改善机体生理指标

### 1.1.1 提高心肺功能

提高心肺功能(cardiorespiratory fitness, CRF)与心血管事件的发生率呈负相关,高水平的 CRF 可有效降低许多 CVD 危险因素(包括高血压、肥胖、代谢综合征和 2 型糖尿病)的患病率<sup>[12]</sup>。许多针对 CVD 高危人群及患者的大型研究和临床队列研究等都证实 CRF 对预后有着不可忽视的影响<sup>[13]</sup>。峰值耗氧量(peak oxygen consumption,  $VO_{2peak}$ )是衡量 CRF 的金标准<sup>[14]</sup>。因此在下述许多研究中都应用这一指标来证明 HIIT 的获益。Moholdt 等<sup>[15]</sup>开展了针对心脏搭桥术后患者的 HIIT 康复训练,方法为执行以 90% 最高心率强度的有氧间歇训练,频率为 5 d/周,共进行 4 周;结果显示 HIIT 组在 4 周训练后与基线相比,  $VO_{2peak}$  升高 $[(27.1 \pm 4.5) \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ vs } (30.4 \pm 5.5) \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}, P < 0.001]$ 。不仅在 CVD 患者中, HIIT 在青少年、青壮年、中年和老年人群中均可有效提高  $VO_{2peak}$ <sup>[16]</sup>。在所有 CVD 危险因素中,  $VO_{2peak}$  对预后的影响最大<sup>[17]</sup>,因此 HIIT 对于  $VO_{2peak}$  即 CRF 的提升能有效降低 CVD 的患病率,改善患者预后。

### 1.1.2 改善血管内皮功能

血管内皮功能紊乱是动脉粥样硬化的主要原因,改善血管内皮功能可降低动脉粥样硬化的发病与病变程度,从而有效地控制心血管事件的发生。主动脉搏波速是欧洲高血压学会/欧洲心脏病学会指南建议评估主动脉搏硬度的金标准<sup>[18]</sup>;肱动脉血流介导的血管舒张功能检测是一种经过验证的、非侵入性的生理测量手段,广泛应用于内皮功能的定量研究<sup>[19]</sup>。许多研究应用这两种指标来反映血管内皮功能。Robinson 等召集 10 例不经常运动的年轻人接受 HIIT,强度达到最大心率的 85% ~ 95%, 每组 4 min, 频率为每周 3 d; 12 周后结果显示该组血管舒张功能为 +1.8% ( $s = 1.8, d = 0.699$ ), 主动脉搏波速降低  $0.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ( $s = 0.2, d = 0.497$ )。HIIT 改善肱动脉血管舒张功能及降低主动脉搏波速,有效改善内皮功能。

### 1.1.3 改善心室充盈和逆转心肌重构

Angadi 等<sup>[20]</sup>针对射血分数保留性心力衰竭患者开展 HIIT 康复训练,方法为以强度为 85% ~ 90% 最大心率运动 4 min, 组间间隔 3 min 主动恢复;训练频率为每周 3 d, 4 周后该组患者的左心房容积指数降低,左心室舒张功能得到改善。Cassidy 等<sup>[21]</sup>开展了针对 2 型糖尿病患者的 HIIT 康复研究,全方位评估了 HIIT 对机体的影响包括心脏功能的改变,采用磁共振的方法进行评估。在 12 周 HIIT 后,研究者发现心脏结构发生改变,左室壁质量相对增加 12% ( $P < 0.05$ ),舒张末期血容量增加( $P < 0.01$ );HIIT 组也表

现出了心脏收缩功能的改善,表现为每搏输出量( $P < 0.01$ )和射血分数均增加( $P < 0.05$ );HIIT 组与对照组相比早期舒张充盈率增加 24%, 组内比较早期充盈率增加明显,可达 57.9% ~ 60.9% ( $P < 0.05$ )。虽然心肌厚度发生了改变,但与病理性心肌肥厚不同的是,舒张末期容量、每搏输出量、射血分数和早期充盈率等指标均有改善。与其他指标不同,只有当运动强度到达一定程度时才表现出心脏舒张功能的改善<sup>[22]</sup>。

## 1.2 对危险因素发病率的影响

### 1.2.1 高血压

Grace 等<sup>[23]</sup>将 44 例老年男性按运动习惯分为久坐不动组和有一定运动基础组,在第一阶段对久坐不动组进行督导训练,有一定运动基础组维持自己的锻炼习惯;在第二阶段同时进行 HIIT 干预,6 周预训练和 6 周 HIIT 干预之后,两组收缩压/舒张压显著下降 7.7/4.6 mm Hg (1 mm Hg = 0.133 3 kPa), 平均动脉血压下降 5.5 mm Hg。HIIT 可能成为血压降低有效的生活方式干预措施。

### 1.2.2 糖尿病

Babraj 等<sup>[24]</sup>对 16 例青年男性进行 HIIT,训练方式为共 15 min 的 HIIT 计划(共 6 组, 每组 4 ~ 6 次  $\times$  30 s);2 周后,血糖、胰岛素浓度-时间曲线下面积分别下降 12% 和 37% ( $P < 0.001$ )。空腹胰岛素水平和空腹血糖浓度不变,但有训练后空腹血糖下降的趋势。Higgins 等<sup>[17]</sup>将 26 例健康成年人分为两组,对照组( $n = 10$ )和 HIIT 组( $n = 13$ )。HIIT 组每周训练 3 次,每次 3 组 1 min 高强度运动,中间穿插 2 min 恢复期,共 6 周;对照组未参与 HIIT,仍保持正常生活方式。6 周后,HIIT 组受试者的空腹血糖和口服葡萄糖耐量试验 2 h 后血糖无统计学差异;但对于口服葡萄糖耐量试验曲线下面积,组内 13 例中有 8 例降低,5 例无变化<sup>[17]</sup>。综上所述,HIIT 可能对糖耐量受损有一定的预防作用,且 HIIT 干预后获益的个体差异较大,在应用中应综合个体情况进行分析。除此之外,大量针对糖尿病患者的相关研究证据表明,HIIT 在改善糖尿病患者的心脏功能和血糖控制方面有较好的效果<sup>[21, 25-26]</sup>。

### 1.2.3 超重及肥胖

Maillard 等<sup>[27]</sup>对 39 项研究进行了 meta 分析,包括 617 例受试者(女性 321 例,男性 296 例),均接受 HIIT,一段时间的干预后评估他们的总脂肪量( $n = 35$ )、腹部脂肪量( $n = 20$ )和内脏脂肪量( $n = 14$ )。结果显示总脂肪(ES = -0.2)、腹部脂肪量(ES = -0.19)和内脏脂肪量(ES = -0.24)均有效减少。研究表明,HIIT 对超重和肥胖受试者的减脂效果优于正常体重的受试者<sup>[27]</sup>。

### 1.2.4 血脂异常

大量研究表明短期内(12周)的 HIIT 对血脂无明显影响<sup>[28-29]</sup>,这可能需采用更长时间或不同方案的 HIIT 进行更进一步的研究。

## 2 安全性与依从性

### 2.1 安全性

HIIT 早已作为一种高效率常规训练在运动员的训练中使用。因此,在健康人群中执行 HIIT 的风险很低。CVD 患者想通过 HIIT 的方法进行康复及改善预后,需严格结合患者的临床状况和器官功能能力进行评估和指导<sup>[30]</sup>。CVD 患者运动试验包括 HIIT 干预的绝对禁忌证<sup>[31]</sup>:(1)2 d 内的急性心肌梗死;(2)持续的不稳定型心绞痛;(3)无法控制的心律失常伴血流动力学损害;(4)急性心内膜炎;(5)严重主动脉狭窄;(6)失代偿性心力衰竭;(7)急性肺栓塞、肺梗死或深静脉血栓形成;(8)急性心肌炎或心包炎;(9)急性主动脉夹层;(10)肢体残疾不能安全完成检查。

在对 CVD 患者执行 HIIT 治疗方案前,必须考虑患者心血管系统的耐受性和发生心血管事件的可能性。一项比较 HIIT 和 MICT 心血管风险的研究分析了 175 820 个训练小时,结果显示两种方式发生心血管事件的风险都很低(1 次每 129 456 h 的中等强度运动和 23 182 h 的高强度运动)<sup>[32]</sup>。因此,HIIT 是一种相对安全的运动方式,在开始训练计划之前,应为患者完善功能检查和评估,制定合理的训练计划。

### 2.2 依从性

有关 HIIT 与指南推荐的 MICT 进行对比的试验指出,HIIT 与指南推荐的 MICT 相比,在消耗相同热量的情况下,由于训练强度较大而耗时更短<sup>[16]</sup>。许多 HIIT 与 MICT 的对比研究发现,为使两对照组达到相同的热量消耗,HIIT 组耗时比 MICT 组少 15% ~ 20%<sup>[15]</sup>。消耗同样的热量所用时间更短,效率更高,受试者的愉悦感和成就感更高,因此受试者的依从性更好<sup>[28]</sup>。HIIT 对患者的参与积极性和能力要求较高,在监督、设备和制定适应 CVD 患者的系统性培训和训练计划方面的要求更高。所有期待长期疗效的运动干预措施所遇到的共同问题仍是坚持,不能坚持执行计划严重影响许多试验的结果。因此,在设计运动训练计划时,应全面考虑到 CVD 患者的参与积极性、计划的可实施性,同时对 CVD 患者进行教育,使其认识到将运动纳入日常生活非常重要。CVD 患者的运动康复训练需多专业团队的参与和支持,包括医生、心理学家、咨询师、营养师和运动科学家。

## 3 小结

随着人们久坐时间越来越长,CVD 和代谢性疾病(如血糖异常和血脂异常等)的发病率也逐渐上升。出现心血管事件等临床疾病之后再进行药物治疗和

手术干预远远不够,生活方式的改变和健康意识的提高是降低 CVD 发病率和控制率的根本。根据指南推荐,MICT 是 CVD 患者更加成熟且有利证据明确的运动方式。近年来 CVD 患者应用 HIIT 进行康复训练的研究逐渐增加。与 MICT 相比,HIIT 效果相同甚至在一些指标的改善(如  $VO_{2peak}$  等)上更加优秀;作为一项需长期坚持的干预措施,HIIT 耗时短、获益高的特点更容易被 CVD 患者接受;HIIT 在健康人群和 CVD 患者中应用均鲜有恶性不良反应发生。目前亟待解决针对中国健康人群和 CVD 患者的 HIIT 研究少的现状,随着相关研究数据的不断完善,逐步建立适合中国人群运动健身和 CVD 患者运动康复的指南或共识,早日迎来中国 CVD 发病率和死亡率下降的拐点。

## 参考文献

- [1] 胡盛寿,高润霖,刘力生,等.《中国心血管病报告 2018》概要[J]. 中国循环杂志,2019,34(3):209-220.
- [2] WHO (World Health Organization). Global Atlas on Cardiovascular Disease Prevention and Control [R]. 1st ed Geneva, Switzerland: World Health Organization,2012.
- [3] Young DR,Hivert MF,Alhassan S,et al. Sedentary behavior and cardiovascular morbidity and mortality:a science advisory from the American Heart Association [J]. Circulation,2016,134(13):e262-e279.
- [4] Lee DC,Sui X,Artero EG,et al. Long-term effects of changes in cardiorespiratory fitness and body mass index on all-cause and cardiovascular disease mortality in men; the Aerobics Center Longitudinal Study [J]. Circulation,2011,124(23):2483-2490.
- [5] Stewart RAH,Held C,Hadziosmanovic N,et al. Physical activity and mortality in patients with stable coronary heart disease[J]. J Am Coll Cardiol,2017,70(14):1689-1700.
- [6] Piepoli MF,Hoes AW,Agewall S,et al. 2016 European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice[J]. Eur Heart J,2016,37(29):2315-2381.
- [7] Boule NG,Kenny GP,Haddad E,et al. Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in type 2 diabetes mellitus[J]. Diabetologia,2003,46(8):1071-1081.
- [8] Currie KD,Dubberley JB,Mckelvie RS,et al. Low-volume,high-intensity interval training in patients with CAD [J]. Med Sci Sports Exerc,2013,45(8):1436-1442.
- [9] Weston KS,Wisloff U,Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis[J]. Br J Sports Med,2014,48(16):1227-1234.
- [10] Norton K,Norton L,Sadgrove D. Position statement on physical activity and exercise intensity terminology[J]. J Sci Med Sport,2010,13(5):496-502.
- [11] Bartlett JD,Close GL,MacLaren DP,et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence[J]. J Sports Sci,2011,29(6):547-553.
- [12] Harber MP,Kaminsky LA,Arena R,et al. Impact of cardiorespiratory fitness on all-cause and disease-specific mortality:advances since 2009[J]. Prog Cardiovasc Dis,2017,60(1):11-20.
- [13] Nauman J,Tauschek LC,Kaminsky LA,et al. Global fitness levels: findings from a Web-based surveillance report [J]. Prog Cardiovasc Dis,2017,60(1):78-88.
- [14] Smart NA. How do cardiorespiratory fitness improvements vary with physical training modality in heart failure patients? A quantitative guide [J]. Exp Clin

- Cardiol, 2013, 18(1): e21-e25.
- [15] Moholdt TT, Amundsen BH, Rustad LA, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise after coronary artery bypass surgery: a randomized study of cardiovascular effects and quality of life [J]. *Am Heart J*, 2009, 158(6): 1031-1037.
- [16] Kessler HS, Sisson SB, Short KR. The potential for high-intensity interval training to reduce cardiometabolic disease risk [J]. *Sports Med*, 2012, 42(6): 489-509.
- [17] Higgins TP, Baker MD, Evans SA, et al. Heterogeneous responses of personalised high intensity interval training on type 2 diabetes mellitus and cardiovascular disease risk in young healthy adults [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2015, 59(4): 365-377.
- [18] Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 55(13): 1318-1327.
- [19] Celermajer DS, Sorensen KE, Gooch VM, et al. Non-invasive detection of endothelial dysfunction in children and adults at risk of atherosclerosis [J]. *Lancet*, 1992, 340(8828): 1111-1115.
- [20] Angadi SS, Mookadam F, Lee CD, et al. High-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous exercise training in heart failure with preserved ejection fraction: a pilot study [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2015, 119(6): 753-758.
- [21] Cassidy S, Thoma C, Hallsworth K, et al. High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial [J]. *Diabetologia*, 2016, 59(1): 56-66.
- [22] Hordern MD, Coombes JS, Cooney LM, et al. Effects of exercise intervention on myocardial function in type 2 diabetes [J]. *Heart*, 2009, 95(16): 1343-1349.
- [23] Grace F, Herbert P, Elliott AD, et al. High intensity interval training (HIIT) improves resting blood pressure, metabolic (MET) capacity and heart rate reserve without compromising cardiac function in sedentary aging men [J]. *Exp Gerontol*, 2018, 109: 75-81.
- [24] Babraj JA, Vollaard NB, Keast C, et al. Extremely short duration high intensity interval training substantially improves insulin action in young healthy males [J]. *BMC Endocr Disord*, 2009, 9: 3.
- [25] Gillen JB, Little JP, Punthakee Z, et al. Acute high-intensity interval exercise reduces the postprandial glucose response and prevalence of hyperglycaemia in patients with type 2 diabetes [J]. *Diabetes Obes Metab*, 2012, 14(6): 575-577.
- [26] Hollekim-Strand SM, Bjorgaas MR, Albrektsen G, et al. High-intensity interval exercise effectively improves cardiac function in patients with type 2 diabetes mellitus and diastolic dysfunction: a randomized controlled trial [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2014, 64(16): 1758-1760.
- [27] Maillard F, Pereira B, Boisseau N. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis [J]. *Sports Med*, 2018, 48(2): 269-288.
- [28] Kong Z, Fan X, Sun S, et al. Comparison of high-intensity interval training and moderate-to-vigorous continuous training for cardiometabolic health and exercise enjoyment in obese young women: a randomized controlled trial [J]. *PLoS One*, 2016, 11(7): e0158589.
- [29] Batacan RB Jr, Duncan MJ, Dalbo VJ, et al. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of intervention studies [J]. *Br J Sports Med*, 2017, 51(6): 494-503.
- [30] Mezzani A, Hamm LF, Jones AM, et al. Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation [J]. *Eur J Prev Cardiol*, 2013, 20(3): 442-467.
- [31] Fletcher GF, Ades PA, Kligfield P, et al. Exercise standards for testing and training: a scientific statement from the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2013, 128(8): 873-934.
- [32] Rognmo O, Moholdt T, Bakken H, et al. Cardiovascular risk of high-versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients [J]. *Circulation*, 2012, 126(12): 1436-1440.

收稿日期: 2019-06-05

## 投稿注意事项

本刊既往审稿发现以下常见投稿错误, 请投稿之前注意检查。

- (1) 中英文标题需简洁。
- (2) 中文摘要累赘, 不能说明目的; 英文摘要写得不好或极差; 关键词最少 3 个。
- (3) 缺少前言, 或前言不能提纲挈领。
- (4) 主体内容或罗列试验或逻辑混乱或总结演绎不够。
- (5) 论著中缺少诊断标准、纳入及排除标准; 论著中缺少详细研究过程; 论著讨论未能结合研究结果展开。
- (6) 本刊论著要求写明研究的优点及缺点。
- (7) 本刊参考文献有固定格式, 请按本刊固定格式书写。
- (8) 部分作者稿件中存在标点符号在中英文状态下错误的情况, 需要修正。

《心血管病学进展》编辑部