



## 不同运动方式对中国超重或肥胖人群代谢指标影响的元分析

### Meta-analysis of the Effects of Different Exercise Training on the Metabolic Indexes of Overweight or Obese People in China

高思垚<sup>1,2</sup>, 吕万刚<sup>2\*</sup>, 聂应军<sup>2</sup>

GAO Siyao<sup>1,2</sup>, LYU Wangang<sup>2\*</sup>, NIE Yingjun<sup>2</sup>

**摘要:**目的:利用元分析的方法比较不同运动方式对中国超重或肥胖人群体脂和血脂代谢干预作用的有效性。方法:在中英文电子数据库中检索2019年10月之前所有相关的临床随机对照研究文献,并对参考文献进行补充检索,利用Review Manager 5.3软件合并效应量。结果:共纳入16篇研究,高强度间歇训练(HIIT)组252名、中强度持续训练(MICT)组245名、空白对照组63名成年和青少年超重或肥胖患者。结果:HIIT和MICT对降低中国肥胖人群体重、体脂含量、腹部皮下脂肪面积、腹部内脏脂肪面积和全身脂肪重量均有意义,但是两种运动方式间没有显著性差异;对降低患者血液胆固醇和低密度脂蛋白浓度均有意义,但两种运动效果间没有显著性差异。结论:平均9.6周(3次/周以上)最大摄氧量( $\dot{V}O_{2max}$ )为85%~95%的HIIT和40%~70%的MICT处方治疗均可有效降低中国超重或肥胖患者的体脂和血脂浓度。

**关键词:** 高强间歇训练;中强度持续训练;肥胖;元分析

**Abstract:** Objective: We aimed to systematically compare the intervention effect of different exercise trainings on fat mass and blood lipid in overweight or obese Chinese. Methods: Randomized controlled studies before October 2019 were retrieved by using keywords in electronic database and references in included articles. Data was extracted after strict quality evaluation and the Review Manager 5.3 software was used to merge effect size. Results: The study included 16 articles, including 252, 245 and 63 participants in HIIT group, MICT group and controlled group, respectively. Meta-analysis showed: HIIT and MICT significantly decreased the weight, body fat percentage, abdominal subcutaneous fat area, abdominal visceral fat area and body fat weight in Chinese overweight/obese patients. But there was no significant difference between two types of approaches. Conclusions: Average 9.6 weeks (more than three times a week) HIIT ( $\dot{V}O_{2max}$ : 85%~95%) and MICT ( $\dot{V}O_{2max}$ : 40%~70%) had more effectiveness in lowering the body fat percentage in overweight or obese Chinese, but the similar picture was obtained in other body measurements.

**Keywords:** high-intensity interval training; moderate-intensity continuous training; obesity; Meta-analysis

**中图分类号:** G804.7 **文献标识码:** A

#### 基金项目:

国家社会科学基金项目(18BTY112);  
湖北省教育厅人文社会科学研究  
重点项目(18D084)

#### 第一作者简介:

高思垚(1991-),男,在读博士研究生,主要研究方向为体育教育训练学, E-mail: shawgogh@163.com。

#### \*通信作者简介:

吕万刚(1966-),男,教授,博士,博士研究生导师,主要研究方向为体育教育训练学、体育人文社会学, E-mail: Lwangang@whsu.edu.cn。

#### 作者单位:

1. 中南大学,湖南长沙 410083;  
2. 武汉体育学院,湖北武汉 430079  
1. Central South University, Changsha 410083, China;  
2. Wuhan Sports University, Wuhan 430079, China.

近年来,肥胖发展为全球性的公共卫生问题。到2010年,全球每年因肥胖死亡的人数达34万人(Ng et al., 2014)。1991—2011年,我国成人超重、肥胖的患病率增长超过50%,恶性肥胖的患病率从20世纪70年代的世界第50位上升到第2位(Mi et al., 2015)。因此,控制人群的正常体重和鼓励已经肥胖的人群减重是当务之急。

运动已经成为肥胖人群广为接受的一种减肥方式,相比于其他减肥方式更健康有效(Bartlett et al., 2011; Borsheim et al., 2003; Kodama et al., 2009; Little et al., 2011)。中等

强度持续训练 (moderate-intensity continuous training, MICT)可以有效提高脂肪消耗能力,改善体内糖脂水平和提高有氧适能(Little et al., 2011)。近年来兴起的高强度间歇训练(high-intensity interval training, HIIT)具有运动时间较短、提高有氧能力和胰岛素的敏感性、降低血糖、改善血管内皮等功能,且运动中的能量来源主要为脂肪,因而受到减肥人群的广泛欢迎(黎涌明, 2015; Batacan et al., 2017; Batis et al., 2014)。

减肥效果受饮食习惯和人种影响很大。亚洲人群的饮食习惯和体型均与欧洲、北美洲人群不同,日常饮食多以含碳水化合物较多的谷类为主,而欧洲、北美洲人群的日常饮食以含油脂和蛋白质较多的肉蛋禽类为主(Batis et al., 2014; Zhang et al., 2015b)。欧美人群中肥胖和恶性肥胖(BMI $\geq$ 40 kg/m<sup>2</sup>)人群较多,一般性肥胖(即全身性肥胖)居多;中国人中恶性肥胖人群较少,腹型肥胖人数居多(Mi et al., 2015)。脂肪的分布位置会直接影响肥胖人群的减肥效果(Beauchamp et al., 2010)。血脂代谢不仅反映人体脂肪的代谢,而且在一定程度上反映相关疾病的患病风险。本文旨在利用中、外文数据库中已有文献综合评价HIIT和MICT两种运动方式对中国超重或肥胖人群代谢指标的干预效果。因很多肥胖患者多是在青少年期间就存在体重超标的现象,因此,本文的研究对象包括中国成年及青少年超重或者肥胖人群,拟为中国人选择最佳的运动减肥方案提供参考依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 纳入和排除标准

纳入标准:1)研究类型:必须是临床随机对照试验(RCT);2)研究对象:成年超重或肥胖患者(年龄在18岁以上, BMI $\geq$ 24.0 kg/m<sup>2</sup>或 $\geq$ 28.0 kg/m<sup>2</sup>)和青少年肥胖患者(根据青少年分年龄分性别体型标准定义),试验组和对照组的基线情况保证一致,各项基线特征指标间无统计学意义(患者年龄、性别比例、体测指标等);3)干预措施:实验组患者进行干预的最小时间长度(>4周)和最低频率(每周>2次)的HIIT或MICT治疗,对照组患者不进行任何运动处方干预,仅保持日常的活动量;4)结局指标:提供直接评价减肥效果的指标(体重、BMI、体脂含量)和血脂代谢指标(甘油三酯、胆固醇、高密度脂蛋白和低密度脂蛋白)。

排除标准:1)不满足任何1条纳入标准的文献;2)重复报道的文献;3)会议论文。

### 1.2 检索策略

在中国生物医学文献(CBM)、中国知网(CNKI)、万方、维普等中文电子数据库和PubMed、EMBASE、Medline、Cochrane library等外文电子数据库中检索2019年10月26日之前的所有相关文献。检索策略依据循证医学检索的“患者干预比较结果”(participants interventions

comparisons outcomes, PICOS)原则(刘鸣, 2011),按照研究对象、干预措施、对照措施、结局指标、研究设计类型确立主题词。中文检索词为:高强度间歇训练、中强度持续训练、超重、肥胖等;英文检索词为:high-intensity interval training、moderate-intensity continuous training、overweight、obesity等,并对参考文献进行补充检索。

### 1.3 文献筛选与偏倚评估

文献检索和纳入由2名研究人员独立完成,再进行结果比对和讨论,出现分歧时由第3位研究人员介入,通过讨论决定是否纳入该文献。纳入研究的方法学质量采用Cochrane手册Systematic Reviews of Interventions 5.3中关于临床试验研究的质量评价标准进行评估:1)研究样本是否采用随机分组方式;2)研究对象、干预措施及研究结局的测量是否采用盲法;3)是否做到分配隐藏或分配方案隐藏是否完善;4)有无失访或退出,有失访或退出时是否采用意向治疗分析;5)研究对象基线状态是否一致;6)结局数据是否完整;7)有无其他偏倚来源。偏倚风险评估依据Cochrane手册标准:low risk,即偏倚的可能性较小,完全满足上述标准;high risk,即发生偏倚的可能性较高,不满足上述标准;unclear,偏倚情况不确定或缺乏相关信息,即部分满足上述标准则发生偏倚的可能性处于居中水平。

### 1.4 数据提取

2名研究人员分别对纳入的文章进行全文阅读,提取系统评价所需指标,并进行结果的比较和讨论,出现分歧时由第3名研究人员介入讨论并做出最终决定。提取的文章信息包括:作者姓名、研究时间、分组、研究样本量(HIIT组/MICT组或对照组;男/女)、干预方案、干预频率、干预周期和结局指标。若某些数据无法从文章中获取,通过邮件与通讯作者联系尽可能获得。

### 1.5 统计学分析

利用Review Manager 5.3软件对提取数据的效应指标进行合并分析,连续性变量的结局指标效应量使用加权均数差(weight mean difference, WMD)或标准均数差(standardized mean differences, SMD)表示,计算相应95%可信区间(confidence interval, CI)。依据Cochrane手册,WMD与SMD的选用取决于结局指标评价标准的异同。当研究运动组干预前后各结局变量净变化时,根据公式: $Mean_{差值} = Mean_{干预前} - Mean_{干预后}$ 和 $SD_{差值} = (SD_{干预前}^2 - SD_{干预后}^2)^{1/2}$ 计算干预前后的均数和标准差,之后将结果输入软件,合并后得出效应量。WMD与SMD的选择取决于结局指标评价标准的异同。WMD或SMD>0.8认为效应明显,0.5~0.8为中等,<0.2认为意义不大。在异质性分析中, $I^2 < 25\%$ 认为多个同类研究无明显异质性;25%< $I^2 < 50\%$ 认为多个同类研究有中等异质性; $I^2 > 75\%$ 认为多个研究合并结果有较大异质性,需进行亚组分析和敏感性分析,必要时进行Meta回归分析。本文的发表偏倚

通过漏斗图法、Egger 法和 Begg 法检验,使用 Review Manager 5.3 软件处理数据,所有统计学分析结果均使用双侧检验,以  $P < 0.05$  为有统计学差异标准。

文就发表偏倚进行 Egger 法和 Begg 法检验均显示  $P > 0.05$  (未在文中展示),表示纳入的 16 篇文献无发表偏倚存在。

## 2 结果

### 2.1 文献检索和筛检结果

共检索出 504 篇文献,其中中文文献 279 篇,英文文献 225 篇。经过纳入排除,对 27 篇文献进行质量评价,排除 11 篇质量低的文献,最终纳入研究的文献为 16 篇(图 1)。共纳入 560 名健康的成年和青少年超重或肥胖患者(HIIT 组 252 名,MICT 组 245 名,空白对照组 63 名)。

### 2.2 数据提取结果

检索出的文献中,有 9 篇研究时长  $> 12$  周,7 篇研究时长  $< 12$  周,平均研究时长为 9.6 周(表 1)。

### 2.3 质量评价及发表偏倚的评价

依据 Cochrane 5.3 评价手册推荐的质量评价标准,显示纳入的 16 篇文章存在不同程度的偏倚(图 2、图 3)。本

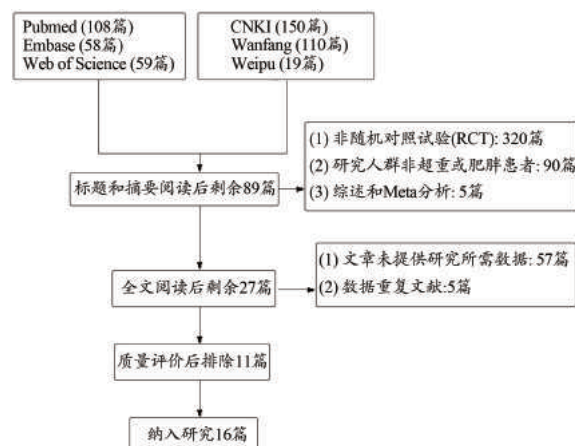


图 1 文献筛检流程

Figure 1. Literature Screening Flow Chart

表 1 纳入研究基本特征

Table 1 Basic Characteristics of Included Studies

研究者	年份	分组	人群	样本量	干预方案	干预频率/ (次·周 <sup>-1</sup> )	干预 周期/周	结局指标
刘洪富,等	2016	HIIT	成年人	20(女)	采用功率自行车训练,以90% $\dot{V}O_{2max}$ 运动1 min,以20% $\dot{V}O_{2max}$ 运动1 min,重复15次	4	12	体重、腹部内脏脂肪、腹部皮下脂肪、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇
		MICT	成年人	20(女)	以50% $\dot{V}O_{2max}$ 做30 min持续踏车运动	4	12	低密度脂蛋白胆固醇
高艳敏,等	2016	HIIT	成年人	17(9男,8女)	运动强度为85% $\dot{V}O_{2max}$ ,运动时心率需达到174次/分钟,运动时间为4 min,后接2 min运动强度为50% $\dot{V}O_{2max}$ 的运动,组间间歇时间为5 min,重复5次	5	12	体重、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		MICT	成年人	17(9男,8女)	运动强度控制在60% $\dot{V}O_{2max}$ ,持续运动无间歇,运动时心率需要达到140次/分钟左右,持续运动40 min	5	12	
齐玉刚,等	2013	HIIT	成年人	20(女)	运动强度为85% $\dot{V}O_{2max}$ ;运动心率达到:174次/分钟	5	12	体重、体脂含量
		MICT	成年人	20(女)	运动强度为40%~60% $\dot{V}O_{2max}$ ;运动心率达到130~150次/分钟	5	12	
林坚,等	2016	HIIT	成年人	18(女)	热身活动5 min(主要为低强度的动态牵伸运动),然后在运动平板上以90%的最大心率强度运动4 min、70% $HR_{max}$ 强度运动3 min,重复4组,结束后进行5 min整理运动	3	12	体重、体脂含量、腹部内脏脂肪、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		对照组	成年人	18(女)	日常活动量	—	12	
徐建方,等	2015	HIIT	成年人	20(10男,10女)	相应强度训练	6	4	体重、体脂含量
		MICT	成年人	17(8男,9女)	相应强度训练	6	4	
戴伟宇,等	2014	HIIT	成年人	10(女)	85% $\dot{V}O_{2max}$ 游泳200 m,接55% $\dot{V}O_{2max}$ 游泳100 m,休息3 min,重复6组	4	12	体重、体脂含量、腹部内脏脂肪、腹部皮下脂肪
		对照组	成年人	10(女)	日常活动量	—	12	
Zhang,等	2015a	HIIT	成年人	12(女)	以85%~95% $HR_{max}$ 跑台训练,运动4 min后接50%~60% $HR_{max}$ 运动3 min;安静休息7 min作为间歇,重复4组	3	12	体重、全身脂肪重量、腹部内脏脂肪、腹部皮下脂肪、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		MICT	成年人	12(女)	60%~70% $HR_{max}$ 持续运动33 min	3	12	

研究者	年份	分组	人群	样本量	干预方案	干预频率/ (次·周 <sup>-1</sup> )	干预 周期/周	结局指标
Zhang,等	2017	HIIT	成年人	15(女)	功率自行车以90% $\dot{V}O_{2max}$ 运动4 min, 间歇3 min(不运动)为1组, 交替进行, 直至运动耗能完成300 KJ	前4周3, 后8周4	12	体重、全身脂肪重量、体脂含量、腹部内脏脂肪、腹部皮下脂肪、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		MICT	成年人	15(女)	功率自行车以60% $\dot{V}O_{2max}$ 连续运动, 直至运动耗能完成300 KJ	前4周3, 后8周4	12	固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
Kong,等	2016	HIIT	成年人	13(女)	使用Monark无氧功率自行车进行8 s运动和12 s休息为一轮的运动, 运动20 min	4	5	体重、全身脂肪重量、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		MICT	成年人	13(女)	使用Monark无氧功率自行车持续进行每轮40 min的运动强度为60%~80% $\dot{V}O_{2max}$ 的运动	4	5	固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
Kong,等	2016	HIIT	成年人	10(女)	使用Monark无氧功率自行车进行8 s运动和12 s休息为一轮的运动, 运动20 min	4	5	体重、全身脂肪重量、体脂含量、腹部内脏脂肪、腹部皮下脂肪、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		MICT	成年人	8(女)	使用Monark无氧功率自行车持续进行每轮40 min的运动强度65% $\dot{V}O_{2max}$ 的运动	4	5	固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
Sijie,等	2012	HIIT	成年人	17(女)	10 min热身(慢走或慢跑)接3 min的85% $\dot{V}O_{2max}$ 高强度运动, 间歇3 min(50% $\dot{V}O_{2max}$ 运动)为1组, 交替进行5组, 每组休息5 min, 每次运动42 min	5	12	体重、体脂含量
		MICT	成年人	16(女)	10 min热身(慢走或慢跑)接10 min的50% $\dot{V}O_{2max}$ 强度运动, 每组休息5 min, 每次运动55 min	5	12	
祖秀明	2014	HIIT	青少年	30(20男, 10女)	50% $\dot{V}O_{2max}$ 运动强度开始, 加快速度达到90%~95% $HR_{max}$ , 保持60 s, 然后减速到起始速度运动维持1 min为1个回合; 紧接1个60 s冲刺进入下1个回合	2	12	体重、全身脂肪重量、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		MICT	青少年	30(22男, 8女)	80% $\dot{V}O_{2max}$ 强度慢跑, 每3 W增加10 min运动时间, 直到最后3 W运动时间达到60 min时结束	2	12	
邵威,等	2017	MICT	青少年	16(未明确)	中等强度的有氧运动(跑步机运动结合游泳运动等)	5	9	体重、全身脂肪重量、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		HIIT	青少年	19(未明确)	80%~90% $HR_{max}$ 进行3 min跑台运动, 然后50%~60%最大心率运动7 min, 运动6组, 每组间隔6~8 min(完全休息)	5	9	固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
娄康,等	2012	MICT	青少年	6(未明确)	60%~70% $HR_{max}$ 运动30 min	3	8	体重、全身脂肪重量、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		HIIT	青少年	6(未明确)	85%~95% $HR_{max}$ 进行20 s, 然后减速到起始速度运动维持10 s为1个回合, 完全休息1 min进入下1个回合	3	8	固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
孙德宇,等	2016	MICT	青少年	20(男)	40% $HR_{max}$ 进行跑台运动40 min	3	6	体重、全身脂肪重量、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		HIIT	青少年	20(男)	先以强度90%~95% $HR_{max}$ 运动4 min, 紧接着以70% $HR_{max}$ 运动4 min, 4组, 组间歇为2 min	3	6	固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		对照	青少年	20(男)	日常活动量	3	6	
陈琼,等	2015	MICT	青少年	15(男)	60% $HR_{max}$ 慢跑	3	8	体重、体脂含量、甘油三酯、总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		HIIT	青少年	15(男)	依据美国运动医学会制定的标准进行	3	8	总胆固醇、高密度蛋白胆固醇、低密度脂蛋白胆固醇
		对照	青少年	15(男)	日常活动量	3	8	

## 2.4 元分析结果

### 2.4.1 HIIT与MICT对体重的干预效果

元分析结果显示, HIIT和MICT对体重干预效果的WMD分别为5.38(95%CI=4.90, 5.86)和4.00(95%CI=-2.60, 5.40),  $I^2$ 分别为21%( $P=0.22$ )和25%( $P=0.18$ ), 差异均具有统计学意义, HIIT和MICT可以有效降低超重或肥胖患者体重。HIIT与MICT干预效果的SMD为0.07(95%CI=

-0.11, 0.25),  $I^2=0$ ( $P=0.92$ ), 说明在体重干预效果方面, 两种运动方式间无显著性差异, 且在成人和青少年的亚组分析中结果相同(图4)。

### 2.4.2 HIIT与MICT对体脂含量的干预效果

元分析结果显示, HIIT和MICT对体脂含量干预效果的WMD分别为0.80(95%CI=0.55, 1.05)和0.69(95%CI=0.48, 0.90),  $I^2$ 分别为35%( $P=0.10$ )和18%( $P=0.26$ ), 差异

均具有统计学意义, HIIT 和 MICT 可以有效降低超重或肥胖患者体脂含量。HIIT 与 MICT 干预效果的 SMD 为 0.12 (95%CI=-0.08, 0.32),  $I^2=0\%$  ( $P=0.97$ ), 说明在体脂含量干

预效果方面, 两种运动方式间无显著性差异, 且在成人和青少年的亚组分析中结果相同(图 5)。

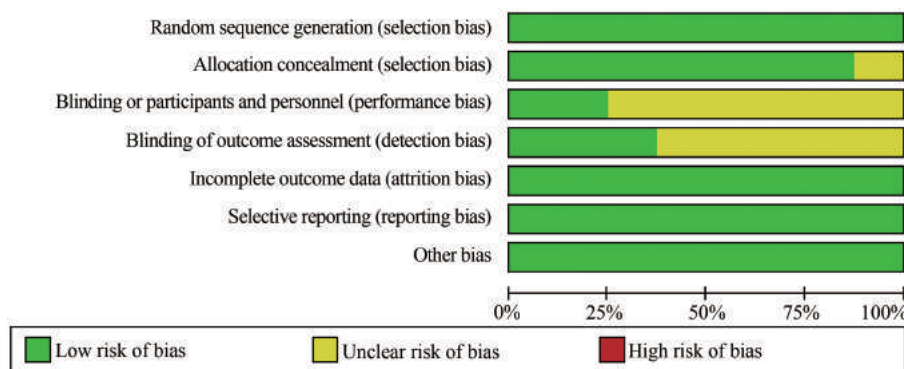


图 2 纳入研究偏倚风险

Figure 2. Risk of Bias Chart of Included Studies

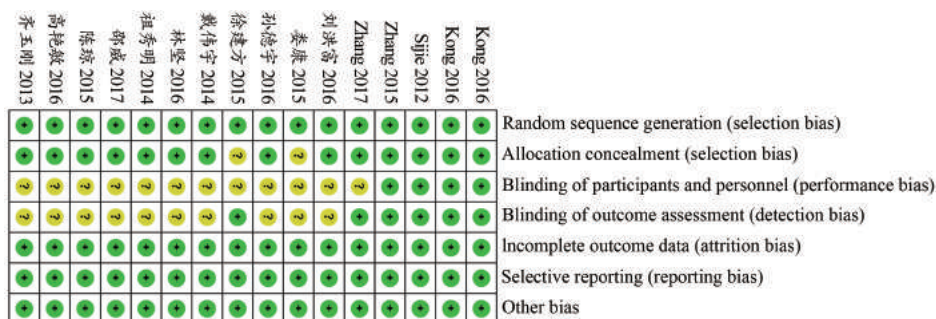


图 3 纳入研究偏倚风险总结

Figure 3. Risk of Bias Summary of Included Studies

### 2.4.3 HIIT 与 MICT 对体脂肪的干预效果

元分析结果显示:1)HIIT 与 MICT 两种运动方式均可显著减少腹部皮下脂肪面积[HIIT (SMD=0.62, 95%CI: 0.25~1.00), MICT (SMD=0.60, 95%CI: 0.22~0.97)]、腹部内脏脂肪面积[HIIT (SMD=0.67, 95%CI: 0.29~1.05), MICT (SMD=0.63, 95%CI: 0.25~1.01)]和全身脂肪质量[HIIT (SMD=0.77, 95%CI: 0.21~1.32), MICT (SMD=0.46, 95%CI: 0.11~0.82)];2)这些结果仅在成人中有临床意义,而在青少年中结果并不显著;3)在减少体脂的效果方面, HIIT 与 MICT 两种运动方式间没有显著性差异(表 2)。

### 2.4.4 HIIT 与 MICT 对血脂指标的干预效果

合并效应值结果显示:1)HIIT 与 MICT 两种运动方式,在降低血液胆固醇的效果方面均具有统计学意义[HIIT (SMD=0.52, 95%CI: 0.24~0.80), MICT (SMD=0.59, 95%CI: 0.16~1.01)],均可有效降低低密度脂蛋白[HIIT (SMD=0.84, 95%CI: 0.55~1.12), MICT (SMD=0.72, 95%CI: 0.44~1.00)],但对血液甘油三酯的浓度[HIIT (SMD=0.24, 95%CI: 0.03~0.51), MICT (SMD=0.16, 95%CI: -0.14~1.01)]和高密度脂蛋白的浓度[HIIT (SMD=-0.01,

95%CI: -0.28~0.26), MICT (SMD=-0.01, 95%CI: -0.28~0.26)]均没有显著性影响;2)在降低血脂浓度的效果方面, HIIT 与 MICT 两者间没有显著性差别(表 3)。

## 3 讨论

中国经济在过去几十年取得了显著增长,中国人的身体活动方式和饮食习惯也在快速变化,直接导致中国肥胖的人群数量快速增长(Popkin, 2014; Zhang et al., 2012)。肥胖患者患高血压、II 型糖尿病、冠心病、睡眠呼吸暂停和癌症的风险更高(Hu et al., 2012; Lee et al., 2000; Stoll, 2000)。因此,控制人群的正常体重增加和鼓励肥胖人群减肥是预防疾病和提高人们生活质量的关键。HIIT 因其短时间、高效率的减肥特点已经慢慢取代传统的 MICT,成为肥胖人群首选的运动减肥方式。

### 3.1 HIIT 和 MICT 干预前后对中国人群体重和体脂的影响

针对成年肥胖人群的元分析(未纳入中国人群)表明,大于 12 周的长期 HIIT 训练对患者腹围和体脂含量的降低有显著性效果(Maillard et al., 2018),即较长时间的 HIIT 对肥胖人群的干预效果更好,这与本文结果一致。本文元分析结果显示,HIIT 和 MICT 两种运动方式对降低

中国肥胖的成年人和青少年的体重与体脂均有效果,对人体不同部位的减脂也有一定帮助。机制学研究表明,HIIT运动后,体内儿茶酚胺的水平会增加且具有促进脂肪组织氧化的功能,而儿茶酚胺 $\beta_3$ 受体在脂肪组织上广泛分布并较其他组织敏感(Collins et al., 2001; Crampes et

al., 1986)。Krustrup等(2004a)研究发现,内脏脂肪的儿茶酚胺 $\beta$ 受体较皮下脂肪要多。所以,HIIT对内脏脂肪的减少效果优于皮下脂肪。本研究表明,HIIT和MICT对腹部脂肪、内脏脂肪和全身脂肪的减少均有效,减脂效果上没有差异,均可有效减脂。

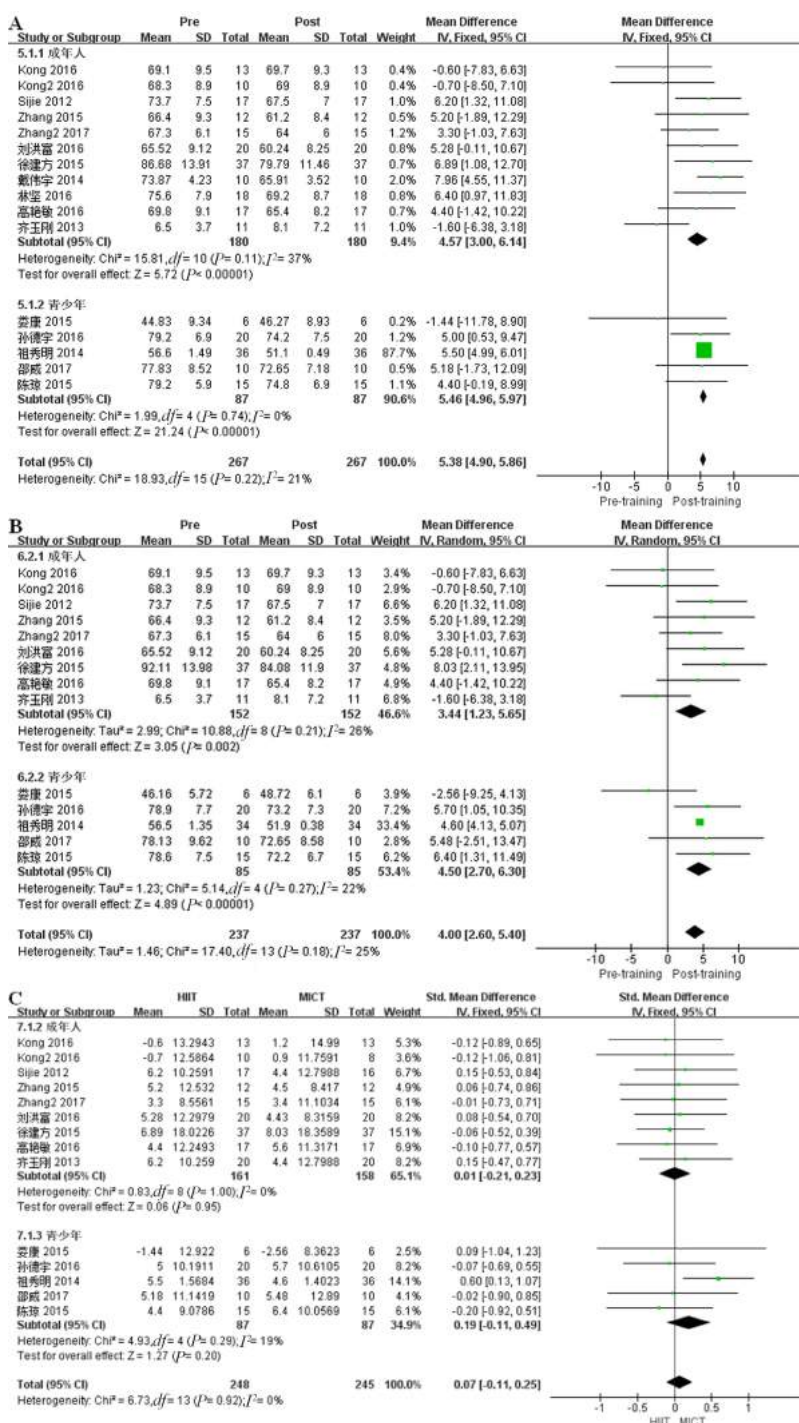


图4 HIIT与MICT对体重干预效果比较的森林图

Figure 4. Forest Map of Comparison of the Intervention Effects of HIIT and MICT on Weight

HIIT对青少年的BMI、体脂含量和腹围的减小均有意义(Costigan et al., 2015),但其人群选择限制了文章结论的外推。HIIT和MICT对中国青少年体重、体脂含量和

各部位脂肪的减少均有效,但本文纳入的以青少年为研究对象的文章数量有限,需要在以后的研究中补充。

3.2 HIIT和MICT干预前后对中国人群血脂浓度的影响

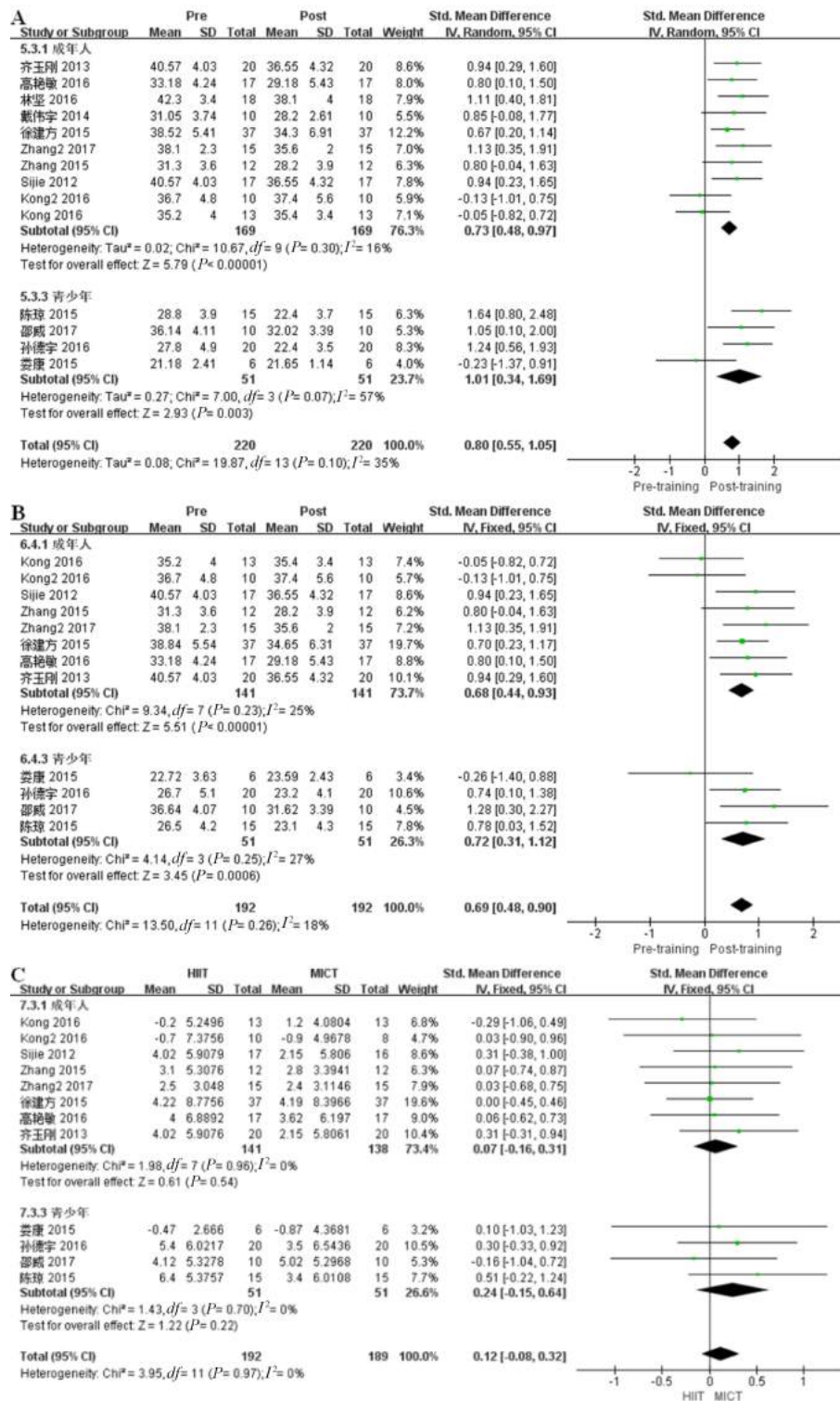


图 5 HIIT 与 MICT 对体脂含量干预效果比较的森林图

Figure 5. Forest Map of Comparison of the Intervention Effects of HIT and MICT on Body Fat Content

肥胖患者常伴有血脂异常。HIIT 的减重效果有限,但其对于减少体内脂肪含量和增加机体肌肉含量有显著效果(Gist et al., 2014)。它可以降低体内 FATP-1 和 FAS 的水平,这两种物质与脂肪酸的吸收有着直接关联(Krus-trup et al., 2004b);还可以抑制血液中脂联素合成,而脂联素水平能预示 II 型糖尿病和冠心病的发展,在临床试验表现出抗糖尿病、抗动脉粥样和炎症的潜力(McPherron

et al., 2013; Yang, 2014)。这都表明 HIIT 有助于人体脂肪酸的代谢。HIIT 能降低血液中脂联素水平,也预示着该运动方式可以预防内源性肥胖的发生。研究显示,肥胖患者多出现血脂代谢紊乱现象(Gardner et al., 1995; Lu et al., 2008; Meyer et al., 2012)。持续的体育运动有助于降低胆固醇、甘油三酯和低密度脂蛋白的水平,提高血液中高密度脂蛋白的水平(Burgomaster et al., 2008; Moholdt et

al., 2012)。纠正血脂异常对促进体内脂肪消耗和降低患者心血管风险均有帮助。本文元分析结果显示, HIIT 和 MICT 两种运动方式对降低中国肥胖患者的低密度脂蛋

白和胆固醇的血液浓度均有意义, 两者之间没有差别。因此, 要鼓励肥胖患者进行能耐受的 HIIT 和 MICT 运动, 以改善其血脂水平。

表2 HIIT 和 MICT 对超重或肥胖人群脂测量指标的合并效应量

Table 2 Combined Effects of HIIT and MICT on Fat Measurement Indexes in Overweight or Obese People before and After Intervention

干预方式	脂肪测量指标	成人		青少年		总效应量	I <sup>2</sup> /%
		文献数	SMD	文献数	SMD		
HIIT 干预前后	腹部皮下脂肪面积	3	0.62(0.20, 1.03)*	1	0.64(-0.26, 1.55)	0.62(0.25, 1.00)*	0
	腹部内脏脂肪面积	3	0.63(0.22, 1.05)*	1	0.89(-0.04, 1.82)	0.67(0.29, 1.05)*	0
	全身脂肪重量	6	0.56(0.11, 1.00)*	1	2.15(1.23, 3.07)	0.77(0.21, 1.32)*	69
MICT 干预前后	腹部皮下脂肪面积	3	0.62(0.20, 1.03)*	1	0.49(-0.40, 1.39)	0.60(0.22, 0.97)*	0
	腹部内脏脂肪面积	3	0.63(0.22, 1.05)*	1	0.62(-0.28, 1.52)	0.63(0.25, 1.01)*	0
	全身脂肪重量	4	0.33(-0.07, 0.74)	1	0.92(0.16, 1.68)*	0.46(0.11, 0.82)*	42
HIIT 与 MICT 比较	腹部皮下脂肪面积	3	0.18(-0.23, 0.58)	1	0.08(-0.79, 0.96)	0.16(-0.21, 0.53)	0
	腹部内脏脂肪面积	3	0.16(-0.25, 0.56)	1	0.19(-0.69, 1.07)	0.16(-0.21, 0.53)	0
	全身脂肪重量	3	-0.11(-0.57, 0.35)	1	0.61(-0.12, 1.35)	0.09(-0.03, 0.48)	0

注: 合并效应量使用标准化均数差(SMD)及其95%可信区间表示, \*P<0.05, 下同。

表3 HIIT 和 MICT 对超重或肥胖人群血脂测量指标的合并效应量

Table 3 Combined Effects of HIIT and MICT on Lipid Indexes in Overweight or Obese People before and After Intervention

干预方式	血脂指标	成人		青少年		总效应量	I <sup>2</sup> /%
		文献数	SMD	文献数	SMD		
HIIT 干预前后	甘油三酯	4	0.31(-0.05, 0.66)	2	0.14(-0.26, 0.55)	0.24(-0.03, 0.51)	0
	胆固醇	4	0.76(0.39, 1.13)*	2	0.22(-0.19, 0.64)	0.52(0.24, 0.80)*	55
	高密度脂蛋白	4	0.08(-0.28, 0.44)	2	-0.13(-0.54, 0.28)	-0.01(-0.28, 0.26)	44
	低密度脂蛋白	4	0.57(0.20, 0.93)*	2	1.25(0.80, 1.70)*	0.84(0.55, 1.12)*	47
MICT 干预前后	甘油三酯	4	0.15(-0.34, 0.65)	2	0.12(-0.30, 0.54)	0.16(-0.14, 1.01)	16
	胆固醇	4	0.68(0.16, 1.21)*	2	0.45(-0.41, 1.32)	0.59(0.16, 1.01)*	54
	高密度脂蛋白	4	0.09(-0.47, 0.65)	2	-0.10(-0.51, 0.32)	0.02(-0.34, 0.37)	36
	低密度脂蛋白	4	0.54(0.18, 0.90)*	2	0.99(0.54, 1.43)*	0.72(0.44, 1.00)*	37
HIIT 与 MICT 比较	甘油三酯	4	0.07(-0.28, 0.42)	2	0.00(-0.41, 0.41)	0.04(-0.23, 0.31)	0
	胆固醇	4	0.21(-0.18, 0.60)	2	-0.05(-0.46, 0.36)	0.10(-0.17, 0.37)	0
	高密度脂蛋白	4	-0.10(-0.45, 0.25)	2	-0.05(-0.46, 0.37)	-0.08(-0.34, 0.19)	0
	低密度脂蛋白	4	0.01(-0.34, 0.36)	2	0.07(-0.35, 0.48)	0.03(-0.24, 0.30)	0

### 3.3 HIIT 和 MICT 有效性及安全性评价

肥胖人群进行运动性减肥需进行长期干预, 需充分考虑该方式的有效性和安全性。肥胖人群常伴有许多慢性疾病, 如慢性阻塞性肺疾病、哮喘、心肺功能不全、骨质疏松等, 已有的随机对照研究在实施过程中有受试者由于无法耐受干预措施的强度而退出的情况。HIIT 和 MICT 两种运动方式在已有元分析中显示出良好的安全性, 可以有效提高肥胖人群自身心肺功能和慢性代谢性疾病患者的生活质量(De Nardi et al., 2018; Gomes et al., 2018; Hannan et al., 2018)。本文所搜集文献中受试者在中途退出的个体极少, 也从侧面反映出 HIIT 和 MICT 在中国肥胖人群中的可行性。

### 3.4 本文的局限性

1) 本次分析只限于公开发表的中英文文献, 未纳入

未发表的文献数据; 2) 纳入文献中 HIIT 和 MICT 的干预方案以及结局指标体脂百分比的测量方法不同, 可能导致结果偏倚; 3) 纳入的研究中仅有少数研究的运动方案由专业人员制定并监督完成, 患者的依从性难以得到保障, 完成率会产生偏倚; 4) 有些指标纳入较少, 个别指标对异质性的评估标准较为粗略, 没有详尽地探讨异质性的来源。尽管存在上述局限性, 但本次分析能克服单个研究样本量小以及地区局限的不足, 一定程度上客观地反映出 HIIT 和 MICT 对肥胖人群的影响。

## 4 结论

平均 9.6 周(3 次/周以上)的  $\dot{V}O_{2max}$  为 85%~95% 的 HIIT 和 40%~70% 的 MICT 对降低中国超重或肥胖人群的体



脂与血脂浓度较为有效,但两种运动效果间没有差异。

#### 参考文献:

- 陈琼,曹杰,赵立君,等,2015.不同运动方式对肥胖青少年身体成分、炎症因子和运动能力的影响[J].吉林大学学报(医学版),41(5):1070-1075.
- 戴伟宇,2014.大强度间歇游泳运动对青年肥胖女性减肥效果的研究[J].广州体育学院学报,34(6):99-102.
- 高艳敏,王光明,杨文礼,等,2017.高强度间歇训练和有氧运动对肥胖青年脂代谢及慢性炎症的影响[J].中国运动医学杂志,36(7):628-632,650.
- 林坚,赵红勤,黄雄昂,等,2016.高强度间歇训练对肥胖女大学生体成分和血脂及空腹胰岛素水平的影响[J].中国全科医学,19(18):2139-2144.
- 刘洪富,刘忠民,王常敏,2016.高强度间歇训练对肥胖青年女性减肥效果的研究[J].山东体育学院学报,32(6):95-98.
- 刘鸣,2011.系统评价、Meta-分析设计与实施方法[M].北京:人民卫生出版社:30-31.
- 黎涌明,2015.高强度间歇训练对不同训练人群的应用效果[J].体育科学,35(8):59-75,96.
- 娄康,闻剑飞,2015.高强度间歇运动对小学生体脂百分比的影响[J].速读(下旬),(1):286-287.
- 齐玉刚,黄津虹,谭思洁,2013.HIIT和持续性有氧运动对肥胖女大学生减肥效果的比较研究[J].中国体育科技,49(1):30-33.
- 邵威,费加明,2017.不同运动方式对肥胖青少年减肥效果的比较[J].中国应用生理学杂志,33(3):211-213.
- 孙德宇,翟海亭,2016.高强度间歇训练对单纯性肥胖青少年身体成分和运动能力的影响研究[J].文体用品与科技,(6):140.
- 徐建方,张漓,冯连世,等,2015.不同运动方式对肥胖青年慢性炎症状态的影响[J].体育科学,35(10):30-36.
- 祖秀明,2014.耐力训练与高强度间歇训练对肥胖儿童健康相关指标的影响[J].西南国防医药,24(4):408-411.
- BATACAN R B, DUNCAN M J, DALBO V J, et al., 2017. Effects of high-intensity interval training on cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of intervention studies[J]. *Brit J Sports Med*, 51(6):494-503.
- BARTLETT J D, CLOSE G L, MACLAREN D P M, et al., 2011. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: Implications for exercise adherence[J]. *J Sports Sci*, 29(6):547-553.
- BATIS C, SOTRESALVAREZ D, GORDONLARSEN P, et al., 2014. Longitudinal analysis of dietary patterns in Chinese adults from 1991 to 2009[J]. *Brit J Nutr*, 111(8):1441-1451.
- BEAUCHAMP M K, NONOYAMA M, GOLDSTEIN R S, et al., 2010. Interval versus continuous training in individuals with chronic obstructive pulmonary disease- a systematic review[J]. *Thorax*, 65(2):157-164.
- BURGOMASTER K A, HOWARTH K R, PHILLIPS S M, et al., 2008. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans[J]. *J Physiol*, 586(1):151-160.
- COLLINS S, SURWIT R S, 2001. The beta-adrenergic receptors and the control of adipose tissue metabolism and thermogenesis[J]. *Recent Prog Horm Res*, 56(1):309-328.
- COSTIGAN S A, EATHER N, PLOTNIKOFF R C, et al., 2015. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: A systematic review and meta-analysis[J]. *Brit J Sports Med*, 49(19):1253-1261.
- CRAMPES F, BEAUVILLE M, RIVIERE D, et al., 1986. Effect of physical training in humans on the response of isolated fat cells to epinephrine[J]. *J Appl Physiol*, 61(1):25-29.
- DE NARDI A T, TOLVES T, LARISSA L T, et al., 2018. High-intensity interval training versus continuous training on physiological and metabolic variables in prediabetes and type 2 diabetes: A meta-analysis[J]. *Diabetes Res Clin Pr*, 137:149-159.
- GARDNER A W, POEHLMAN E T, 1995. Exercise rehabilitation programs for the treatment of claudication pain: A meta-analysis[J]. *JAMA*, 274(12):975-980.
- GIST N H, FEDEWA M V, DISHMAN R K, et al., 2014. Sprint interval training effects on aerobic capacity: A systematic review and meta-analysis[J]. *Sports Med*, 44(2):269-279.
- GOMES M N, DURÃES A R, CONCEIÇÃO L, et al., 2018. High intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure with reduced ejection fraction: A systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Cardiol*, 261:134-141.
- HANNAN A L, HING W, SIMAS V, et al., 2018. High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: A systematic review and meta-analysis[J]. *J Sports Med*, 9:1-17.
- HU F B, WANG B, CHEN C, et al., 2000. Body mass index and cardiovascular risk factors in a rural Chinese population[J]. *Am J Epidemiol*, 151(1):88-97.
- KODAMA S, SAITO K, TANAKA S, et al., 2009. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women a meta-analysis[J]. *JAMA*, 301(19):2024-2035.
- KONG Z W, FAN X T, SUN S Y, et al., 2016. 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*, 11(7):e0158589.
- KONG Z W, SUN S Y, LIU M S, et al., 2016. Short-term high-intensity interval training on body composition and blood glucose in overweight and obese young women [J]. *J Diabetes Res*, doi: 10.1155/2016/4073618.
- KRUSTRUP P, SÖDERLUND K, MOHR M, et al., 2004a. Recruitment of fibre types and quadriceps muscle portions during repeated, intense knee-extensor exercise in humans[J]. *Pflügers Arch Eur J Physiol*, 449(1):56-65.
- KRUSTRUP P, SÖDERLUND K, MOHR M, et al., 2004b. The slow component of oxygen uptake during intense, sub-maximal exercise in man is associated with additional fibre recruitment[J]. *Pflügers Arch Eur J Physiol*, 447(6):855-866.
- LEE Z S, CRITCHLEY J A, CHAN J C, et al., 2000. Obesity is the key determinant of cardiovascular risk factors in the Hong Kong Chinese population: Cross-sectional clinic-based study [J]. *Hong Kong Med J*, 6(1):13-23.

(下转第 69 页)

- an integration of physical activity, sedentary behavior, and sleep [J]. *BMC Public Health*, 17: 869.
- ORGANIZATION W H 2019. Guidelines on physical activity, sedentary behaviour and sleep for children under 5 years of age.
- ORTEGA F B, CADENAS-SÁNCHEZ C, SÁNCHEZ-DELGADO G, et al., 2015. Systematic review and proposal of a field-based physical fitness-test battery in preschool children: The PREFIT battery [J]. *Sports Med*, 45(4): 533-555.
- ORTEGA F B, RUIZ J R, CASTILLO M J, et al., 2008. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health[J]. *Int J Obes (Lond)*, 32: 1-11.
- PENPRAZE V, REILLY J J, MACLEAN C M, et al., 2006. Monitoring of physical activity in young children: How much is enough? [J] *Pediatr Exerc Sci*, 18: 483-491.
- PEREZ-BEY A, SEGURA-JIMENEZ V, FERNANDEZ-SANTOS J D R, et al., 2019. The influence of cardiorespiratory fitness on clustered cardiovascular disease risk factors and the mediator role of body mass index in youth: The UP&DOWN study[J]. *Pediatr Diabetes*, 20: 32-40.
- ROSS R, BLAIR S N, ARENA R, et al., 2016. Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign: A scientific statement from the American heart association[J]. *Circulation*, 134: e653-e699.
- ROWE D A, MAHAR M T, RAEDEKE T D, et al., 2010. Measuring physical activity in children with pedometers: Reliability, reactivity, and replacement of missing data[J]. *Pediatr Exerc Sci*, 16: 343-354.
- RUIZ J R, RIZZO N S, HURTIG-WENNLOF A, et al., 2006. Relations of total physical activity and intensity to fitness and fatness in children: The European Youth Heart Study [J]. *Am J Clin Nutr*, 84: 299-303.
- SAN-MILLÁN I, BROOKS G A, 2018. Assessment of metabolic flexibility by means of measuring blood lactate, fat, and carbohydrate oxidation responses to exercise in professional endurance athletes and less-fit individuals[J]. *Sports Med*, 48: 467-479.
- TREMBLAY M S, CHAPUT J P, ADAMO K B, et al., 2017. Canadian 24-Hour Movement Guidelines for the early years (0-4 years): An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep [J]. *BMC Public Health*, 17: 874.
- TULPPO M P, M? KIKALLIO T H, SEPP? NEN T, et al., 1998. Vagal modulation of heart rate during exercise: Effects of age and physical fitness[J]. *Am J Physiol*, 274: H424.
- VALE S, TROST S G, DUNCAN M J, et al., 2015. Step based physical activity guidelines for preschool-aged children [J]. *Prev Med*, 70: 78-82.
- ZHAO G, QUAN M, SU L, et al., 2017. Effect of physical activity on cognitive development: Protocol for a 15-year longitudinal follow-up study[J]. *Biomed Res Int*, 2017: 8568459.
- (收稿日期:2019-08-22; 修订日期:2021-05-16; 编辑:马婧)
- 
- (上接第54页)
- LITTLE J P, GILLEN J B, PERCIVAL M E, et al., 2011. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes[J]. *J Appl Physiol*, 111(6):1554-1560.
- LU X, WU T, HUANG P, et al., 2008. Effect and mechanism of intermittent myocardial ischemia induced by exercise on coronary collateral formation [J]. *Am J Phys Med Rehabil*, 87 (10) : 803-814.
- MAILLARD F, PEREIRA B, BOISSEAU N, 2018. Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: A meta-analysis[J]. *Sports Med*, 48(10):2417-2420.
- MCPHERRON A C, GUO T, BOND N D, et al., 2013. Increasing muscle mass to improve metabolism[J]. *Adipocyte*, 2(2):92-98.
- MEYER P, NORMANDIN E, GAYDA M, et al., 2012. High-intensity interval exercise in chronic heart failure: Protocol optimization [J]. *J Card Fail*, 18(2):126-133.
- MI Y J, ZHANG B, WANG H J, et al., 2015. Prevalence and secular trends in obesity among Chinese adults, 1991-2011[J]. *Am J Prev Med*, 49(5):661-669.
- MOHOLDT T, VOLD M B, GRIMSMO J, et al., 2012. Home-based aerobic interval training improves peak oxygen uptake equal to residential cardiac rehabilitation: A randomized, controlled trial [J]. *Plos One*, 7(7):e41199.
- NG M, FLEMING T, ROBINSON M, et al., 2014. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980 - 2013: A systematic analysis for the global burden of disease study 2013[J]. *Lancet*, 384(9945):766-781.
- POPKIN B M, 2014. Synthesis and implications: Synthesis and implications: China's nutrition transition in the context of changes across other low-and middle-income countries [J]. *Obes Rev*, 15 (1):60-67.
- SIJIE T, HAINAI Y, FENGYING Y, et al., 2012. High intensity interval exercise training in overweight young women [J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 52(3):255-262.
- STOLL B A, 2000. Adiposity as a risk determinant for postmenopausal breast cancer[J]. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 24(5):527-533.
- YANG J Z, 2014. Enhanced skeletal muscle for effective glucose homeostasis[J]. *Prog Mol Biol Transl Sci*, 121:133-163.
- ZHANG H F, TONG T K, QIU W F, et al., 2015a. Effect of high-intensity interval training protocol on abdominal fat reduction in overweight Chinese women: A randomized controlled trial[J]. *Kinesiology*, 47(1):57-66.
- ZHANG H F, TONG T K, QIU W F, et al., 2017. Comparable effects of high-intensity interval training and prolonged continuous exercise training on abdominal visceral fat reduction in obese young women[J]. *J Diabetes Res*, doi: 10.1155/2017/5071740.
- ZHANG J G, WANG Z H, WANG H J, et al., 2015b. Dietary patterns and their associations with general obesity and abdominal obesity among young Chinese women [J]. *Eur J Clin Nutr*, 69 (9) : 1009-1014.
- ZHANG X, IVO V D L, DAGEVOS H, 2012. Impacts of fast food and the food retail environment on overweight and obesity in China: A multilevel latent class cluster approach[J]. *Public Health Nutr*, 15(1):88-96.
- (收稿日期:2019-05-16; 修订日期:2021-01-20; 编辑:李晴慧)