



# 短期冲刺间歇训练对普通健康人群最大摄氧量影响的 Meta 分析

郭成根,周爱国\*

**摘要:**目的:探究短期冲刺间歇训练(Short-Term Sprint Interval Training, SIT)对提高普通健康人群最大摄氧量( $\dot{V}O_{2max}$ )的影响。方法:通过检索 PubMed、Web of Science、CNKI 等数据库,检索 SIT 对普通健康人群  $\dot{V}O_{2max}$  影响的随机对照组实验(Randomized Controlled Trial, RCT),按照纳入和排除标准筛选文献、提取资料并评价纳入文献的方法学质量后,采用 Review Manager 5.3 软件对纳入文献的结局指标进行 Meta 分析。SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提升效果优于 CON 组,亚分组分析显示:与无干预组相比,2-10 周干预,SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提升效果有显著作用;与中等强度有氧训练(ET)比较,2~4 周与 6~8 周干预,SIT 提升  $\dot{V}O_{2max}$  的水平不存在统计学差异( $P>0.05$ ),10 周干预 SIT 优于 ET 组。结论:SIT 可提高普通健康人群  $\dot{V}O_{2max}$ ;相对于 ET, SIT 在 2~4 周与 6~8 周内干预效果相同,可作为替代训练,10 周干预 SIT 干预效果优于 ET,但由于相关研究较少且方法学质量评价较低,因此 10 周干预效果仍需进一步研究验证。

**关键词:** SIT;心肺适能;普通人群;元分析

中图分类号:G808.1 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)01-0072-09

DOI:10.12064/ssr.20190109

## Meta-Analysis of the Effect of Short-Term Sprint Interval Training on Maximal Oxygen Uptake in Normal Healthy People

GUO Chenggen, ZHOU Aiguo\*

(Beijing Sport University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Objective: To Explore the effect of short-term sprint interval training (SIT) on maximal oxygen ( $\dot{V}O_{2max}$ ) uptake in normal healthy people. Method: By searching for databases such as PubMed, Web of Science, CNKI, etc, we found the effect of SIT on  $\dot{V}O_{2max}$  in normal healthy people in randomized controlled trial (RCT). After including and excluding criteria, we have screened literature, extracted data, and evaluated the methodological quality of the chosen literature. After that, meta-analysis of outcome indicators of the chosen literature has been done via Review Manager 5.3. The results of meta-analysis showed that SIT improved the  $\dot{V}O_{2max}$  better than the CON group, and the sub-group analysis showed that compared with the no intervention group, SIT had a significant effect on the improvement of  $\dot{V}O_{2max}$  after 2~10 weeks intervention. Compared with ET, there was no statistical difference ( $P>0.05$ ) in  $\dot{V}O_{2max}$  improved by SIT between 2~4 weeks intervention and 6~8 weeks intervention; and the effect of 10 weeks SIT intervention was better than ET group. Conclusion: SIT can increase  $\dot{V}O_{2max}$  in normal healthy people. Compared with ET, SIT can be used as an alternative training because the SIT intervention effects are the same between 2~4 weeks and 6~8 weeks; and 10 weeks intervention effect of SIT is better than ET. However, due to the lack of relevant research and low evaluation of methodological quality, the effect of 10-week intervention still needs further research and verification.

**Key Words:** SIT; cardiopulmonary fitness; normal healthy people; meta-analysis

收稿日期:2018-11-12

第一作者简介:郭成根,男,在读硕士研究生。主要研究方向:体能训练。E-mail:1429777542@qq.com。

\* 通讯作者简介:周爱国,男,博士。主要研究方向:体能训练。E-mail:aiguo\_sport@126.com。

作者单位:北京体育大学,北京 100084。



近年来,心血管疾病与其他慢性疾病的发病率呈现出不断上升的趋势<sup>[1-2]</sup>,有研究表明,心血管疾病、II型糖尿病、癌症等慢性疾病与较差的心肺适能有关<sup>[3-7]</sup>,世界卫生组织(WTO)给出了9项具体措施来减少心血管疾病的发病率,其中一项重要举措就是健康饮食以及增加普通人群的体力活动<sup>[8]</sup>,因此发展有效的运动干预措施对于减少心血管发病率的重大意义。

然而,对于普通人群,缺乏足够的时间是影响参与运动锻炼的重要因素<sup>[9-11]</sup>,相对于中等强度有氧耐力训练(Endurance Training, ET),高强度间歇训练(High-intensity Interval Training, HIIT)大幅度节省了运动锻炼的时间,并在改善普通健康人群心肺适能方面更为有效<sup>[12]</sup>。短期冲刺间歇训练(Short-term Sprint Interval Training, SIT)作为HIIT的一种训练模式,其干预周期更短,强度更大,近年来得到了广泛的关注,虽然SIT干预普通健康人群被证明是一种安全的锻炼手段<sup>[13]</sup>,但与控制组(Control Group, CON)比较,其干预效果是更佳<sup>[13-14]</sup>、相同<sup>[15-16]</sup>还是较差<sup>[17]</sup>,仍然存在争议,更有研究认为SIT的干预效果可能与干预周期长短无关<sup>[18]</sup>。因此,有必要采用Meta分析合并各项已发文献的研究成果,得到较为准确可靠的结果。最大摄氧量(Maximal oxygen uptake,  $\dot{V}O_{2max}$ )被公认为是测量与评价心肺功能的黄金指标,本研究中利用 $\dot{V}O_{2max}$ 作为结局指标,检索SIT与CON干预普通健康人群对 $\dot{V}O_{2max}$ 影响的随机对照组实验(RCT),进行Meta分析,探究SIT对普通健康人群 $\dot{V}O_{2max}$ 的干预效果、SIT不同周期的干预效果以及SIT与ET干预效果比较。

当前对于人群的界定尚存在争议,一般认为,高水平运动员 $\dot{V}O_{2max}$ 高于60 mL/min/kg<sup>[19]</sup>,而普通人群 $\dot{V}O_{2max}$ 一般不超过50 mL/min/kg。本研究中将普通健康人群界定为未经过专业训练的人群(业余训练除外),当前SIT主要运用于年轻人群<sup>[13]</sup>,因此本研究中受试者年龄范围为18~36岁。

## 1 资料与方法

### 1.1 文献检索

计算机检索PubMed、Web of Science、CNKI等数据库,检索的时间为建库至2018年6月30日。英文检索词为interval training、sprint interval training、sprint training、 $\dot{V}O_{2max}$ 、cardiorespiratory fitness等;中文检索词为间歇训练、冲刺间歇训练、最大摄氧量、心血管等。

### 1.2 文献纳入标准

(1)健康普通人群参与试验。(2)SIT实验组的

强度控制必须为“全力以赴”“竭尽全力”或“ $\geq 100\% \dot{V}O_{2max}$ ”,训练间歇比为30 s:4 min。(3)对照组必须为空白对照或中等强度有氧训练干预组(ET)。(4)结局指标 $\dot{V}O_{2max}$ 必须在实验室通过专业测试器械获取。

### 1.3 文献排除标准

(1)非健康普通人群参与试验。(2)SIT训练强度没有达到“全力以赴”“竭尽全力”或“ $\geq 100\% \dot{V}O_{2max}$ ”。(3)综述类文献、会议、报刊、数据无法提取的文献、重复发表的文献。

### 1.4 质量评价

采用经典的Jadad质量评分表对纳入的文献进行评分,主要包括以下3个方面:随机序列的产生是否恰当,若文献对随机化方法有具体的描述且方法恰当,加1分,否则扣1分;是否采用盲法,若详细描述了盲法且方法恰当,加1分,否则扣1分;若对退出和失访进行描述加1分,否则扣1分;总评分为5分,其中,1~2分为低质量,3~5分为高质量。Cochrane手册5.1.0标准对纳入文献质量进行综合评价<sup>[20]</sup>。主要包括:(1)随机序列的产生;(2)盲法分配;(3)对参与者与研究人員采用盲法;(4)对结果的评估采用盲法;(5)结局数据的完整性;(6)研究结果的选择性报道;(7)其他。最后以文字、图示方法显示对所有纳入文献的评价结果。

### 1.5 数据提取

阅读全文后,由两位研究者进行单独资料提取,如果有分歧则通过第3位研究者进行评估,通过协商达成一致结果。研究内容包括:第一作者、文献发表年限、人群、年龄、性别、样本量、干预强度、干预周期、干预频率、结局指标等。对缺乏数据信息或者信息不明确的资料通过邮件形式与作者进行联系获取。

### 1.6 数据分析

采用Revman5.3软件对纳入文献的结局指标进行合并效应分析,由于本研究所纳入的文献结局指标为均数加标准差形式,属于连续性变量,且结局指标单位统一,因此,效应尺度指标选择均数差(MD)进行统计。各研究间异质性检验采用 $\chi^2$ 检验, $P>0.1$ 为无统计学异质性,同时用 $I^2$ 的值判断研究间的异质性大小,当 $I^2<40\%$ 为低异质性, $40\% \leq I^2 \leq 70\%$ 为中度异质性, $I^2>70\%$ 为高度异质性。当研究间无异质性或为低异质性时,采用固定效应模型进行Meta分析;当研究间异质性较明显时,采用随机效应



模型进行效应分析,并通过亚组分析探究异质性可能来源。Revman5.3 软件绘制漏斗图,判断发表是否存在偏倚。

## 2 研究结果

### 2.1 文献检索结果

文献检索流程如图 1 所示。初步检索数据库得到相关文献 897 篇,通过其他资源补充得到相关文献 0 篇,整理剔除重复发表文献 429 篇,获得文献 468 篇,阅读文献标题和摘要后筛选文献 414 篇,阅读全文后,排除不能提取数据、干预强度存在问题等文献共 41 篇,最终确定纳入文献 13 篇<sup>[13-15,18,21-29]</sup>包括 15 个研究。

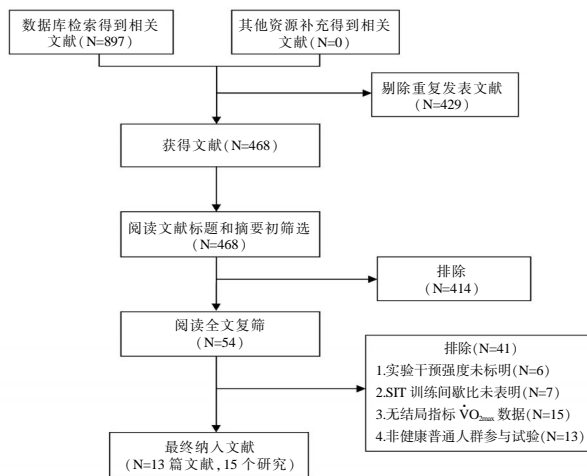


图 1 文献筛选流程图

Figure 1 Literature Screening Flow Chart

表 1 纳入文献的基本特征

Table I Basic Characteristics of the Included Literature

研究	受试者	年龄	样本量		干预强度	实验前-后 / $\Delta \dot{V}O_{2max\#}$		性别	周期	频率	结局指标	Jadad 评分	
			SIT	Control		SIT	Control						男/女
Fahimeh 等,2007 <sup>[21]</sup>	男性跑步爱好者	18~21	6	6	全力以赴	无干预	9.10%↑	2.10%	17/0	10	3	$\dot{V}O_{2max}$	1
Fahimeh 等,2007 <sup>[21]</sup>	男性跑步爱好者	18~21	6	5	全力以赴	75% $\dot{V}O_{2max}$	9.10%↑	6.20%				$\dot{V}O_{2max}$	
Kirsten 等,2008 <sup>[18]</sup>	健康男性和女性	23~25	10	10	全力以赴	65% $\dot{V}O_{2max}$	7.32%	9.76%↑	10/10	6	3	$\dot{V}O_{2max}$	1
Bailey 等,2009 <sup>[22]</sup>	男女健康爱好者	18~25	8	8	全力以赴	无干预	7.14%↑	-2.13%	15/9	2	3	$\dot{V}O_{2max}$	3
Bailey 等,2009 <sup>[22]</sup>	男女健康爱好者	18~25	8	8	全力以赴	65% $\dot{V}O_{2max}$	7.14%↑	0%				$\dot{V}O_{2max}$	
Rebecca 等,2010 <sup>[23]</sup>	健康男、女大学生	21~28	10	10	全力以赴	65% $\dot{V}O_{2max}$	11.54%	12.50%↑	12/8	6	3	$\dot{V}O_{2max}$	1
Jennifer 等,2011 <sup>[14]</sup>	健康女性	23~36	14	14	全力以赴	无干预	13.43%↑	-0.49%	0/28	6	3	$\dot{V}O_{2max}$	2
Bayati 等,2011 <sup>[13]</sup>	健康男性大学生	24~26	8	8	全力以赴	无干预	9.64%↑	-0.89%	16/0	4	3	$\dot{V}O_{2max}$	1
Matsuo 等,2013 <sup>[24]</sup>	健康男性大学生	20~32	14	14	全力以赴	60%~65% $\dot{V}O_{2max}$	16.7%↑	10%	28/0	8	5	$\dot{V}O_{2max}$	4
Jason 等,2014 <sup>[15]</sup>	健康男性	18~28	11	13	全力以赴	65% $\dot{V}O_{2max}$	4.44%	10%↑	24/0	4	3	$\dot{V}O_{2max}$	3
Rudarli 等,2014 <sup>[25]</sup>	健康男性大学生	18~24	8	7	全力以赴	60% $\dot{V}O_{2max}$	7%	8.70%↑	15/0	8	3	$\dot{V}O_{2max}$	2
Songsorn 等,2016 <sup>[26]</sup>	健康男性和女性	18~30	15	15	全力以赴	无干预	8.70%↑	3.40%	10/20	4	3	$\dot{V}O_{2max}$	3
Sokmen 等,2017 <sup>[27]</sup>	健康男性和女性	19~30	20	22	全力以赴	75% $\dot{V}O_{2max}$	15.55%↑	8.65%	19/23	10	3	$\dot{V}O_{2max}$	2
Sousa 等,2018 <sup>[28]</sup>	健康男、女大学生	19~26	26	19	全力以赴	无干预	10.47%↑	1.58%	22/23	2	3	$\dot{V}O_{2max}$	4
Jordan 等,2018 <sup>[29]</sup>	健康男性大学生	18~26	10	10	全力以赴	无干预	5.52%↑	-1.49%	20/0	6	3	$\dot{V}O_{2max}$	2

注: # 表示实验前、后 SIT 与 CON 组  $\dot{V}O_{2max}$  的提高幅度; ↑ 表示 SIT 与 CON 组比较时, 两组中提高幅度更大。

### 2.2 纳入文献的基本特征

如表 1 所示, 纳入的 13 篇包括 15 个研究, 文献公开发表时间为 2007—2018 年, 受试者均为普通健康人群, 包括学校学生和没有专业运动经历的普通人群。总受试者合计 343 人(男 214 人、女 129 人), SIT 组 174 人, CON 组 169 人, 年龄范围为 17~36 岁。干预强度方面, SIT 组均为“all out”(全力以赴), CON 组包括无干预(6 篇)、ET 干预(7 篇); 干预周期包括 2 周(2 篇)、4 周(3 篇)、6 周(4 篇)、8 周(2 篇)、10 周(2 篇); 干预频率包括 3 次/周(14

篇)、5 次/周(1 篇); 干预后  $\dot{V}O_{2max}$  变化方面, 4 篇对照组优于实验组, 11 篇实验组优于对照组; 所有纳入文献结局指标均有  $\dot{V}O_{2max}$ , 单位均统一为 mL/kg/min。

### 2.3 方法学质量评价

Jadad 得分: 13 篇纳入文献中, 5 篇为高质量( $\geq 3$  分)<sup>[15,22,24,26,28]</sup>, 8 篇为低质量( $<3$  分)<sup>[13,14,18,21,23,25,27,29]</sup>(表 1)。纳入的 13 篇文献中 5 篇未随机分组<sup>[13,21,23,25]</sup>, 1 篇未提及是否随机<sup>[18]</sup>, 所有文献中均未提及参与者或研究人员采用盲法, 纳入文献结局指标均完整且研究结果有选择性报道。具体偏倚风险见图 2 和图 3。

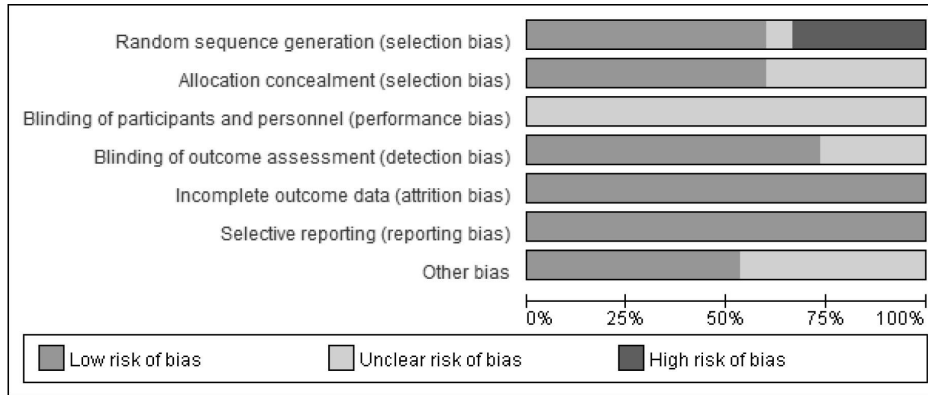


图2 偏倚风险比例图

Figure 2 Bias Risk Scale

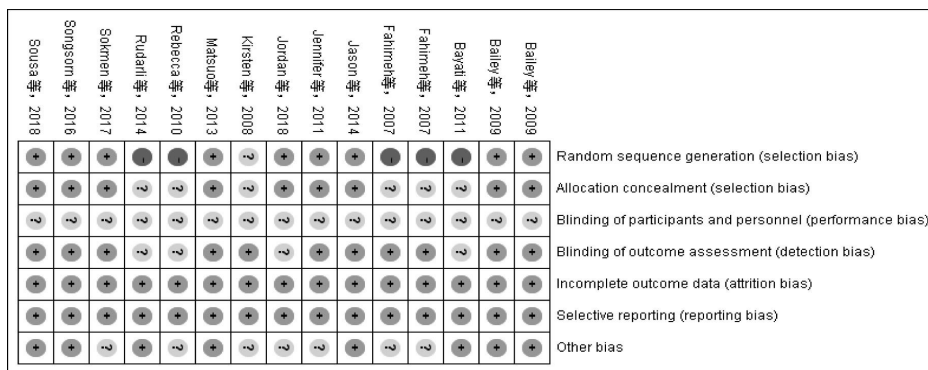


图3 偏倚风险评价示意图

Figure 3 Sketch Map of Bias Risk Assessment

## 2.4 研究结果

### 2.4.1 SIT对健康普通人群最大摄氧量的影响

15个研究报道了SIT与CON对 $\dot{V}O_{2max}$ 指标提升的情况,Meta分析结果显示存在高度异质性( $I^2=75\%$ ,  $P<0.00001$ ),需要探讨异质性的来源。采用随机效应模型进行合并效应量分析,合并效应量

[MD=1.70, 95% CI (0.23, 3.16),  $P=0.02$ ],森林图显示,菱形落在无效线右侧,SIT组优于CON组。结果表明SIT对 $\dot{V}O_{2max}$ 指标提升的情况显著优于CON组(图4)。漏斗图显示纳入的文献均分布在效应平均值两侧,因此可认为研究纳入的文献不存在明显发表偏倚(图5)。

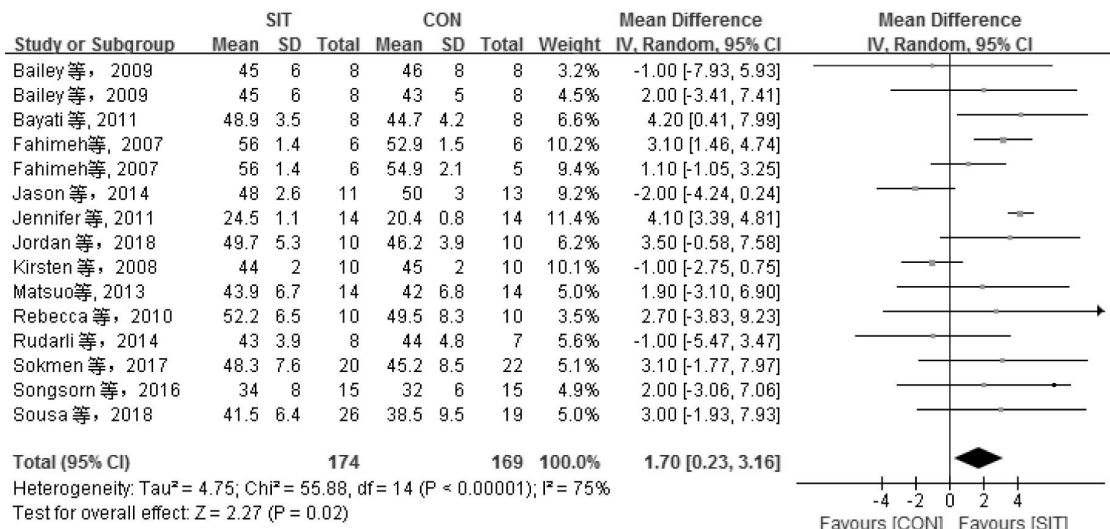


图4 SIT与CON对 $\dot{V}O_{2max}$ 指标提升的情况森林图

Figure 4 Forest Map of  $\dot{V}O_{2max}$  Via SIT and CON

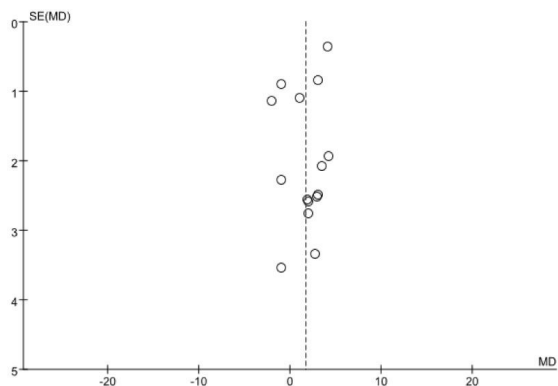


图 5 发表偏倚漏斗图

Figure 5 Funnel Plots of Bias Risk

表 2 SIT 与 CON 对  $\dot{V}O_{2max}$  指标提升的亚分组分析Table II Subgroup Analysis of  $\dot{V}O_{2max}$  Improvement via SIT and CON

	干预强度	样本数	MD	95%CI		I <sup>2</sup>	P(异质性)
CON 组	无干预	7	3.87	3.25	4.49	27%	P=0.26
	ET 干预	8	-0.23	-1.42	0.96	91%	P<0.00001
ET	2~4 周	2	1.43	-0.54	3.40	16%	P=0.15
	6~8 周	4	-0.54	-2.05	0.97	8%	P=0.21
	10 周	2	1.91	0.23	3.59	0%	P=0.34
无干预	2~4 周	4	3.06	0.73	5.39	0%	P=0.46
	6~8 周	2	1.86	0.21	3.49	0%	P=0.54
	10 周	1	3.10	1.46	4.74	—	
性别	男	7	2.34	1.11	3.56	9%	P=0.34
	女	1	4.10	3.39	4.81	—	
	混合	7	0.22	-1.16	1.60	0%	P=0.42
文献质量	高质量	6	2.43	1.24	3.61	0%	P=0.34
	低质量	9	0.96	-0.60	2.52	17%	P=0.29

如表 2 所示:CON 组各研究之间存在低度异质性 ( $I^2=27\%$ ,  $P=0.26$ ), 合并效应量 [MD=3.87, 95% CI (3.25, 4.49),  $P<0.00001$ ], 结果显示 SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提高水平显著优于 CON 组 ( $P<0.05$ ); ET 干预组各研究之间存在高度异质性 ( $I^2=91\%$ ,  $P<0.00001$ ), 合并效应量 [MD=-0.23, 95% CI (-1.42, 0.96),  $P>0.05$ ]; 结果显示干预强度是异质性来源主要因素, SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提高水平与 ET 干预组不存在统计学差异 ( $P>0.05$ )。

ET 干预组内, 2~4 周干预各研究之间存在低度异质性 ( $I^2=16\%$ ,  $P=0.15$ ), 合并效应量 [MD=1.43, 95% CI (-0.54, 3.40),  $P=0.16$ ]; 6~8 周干预各研究之间存在低度异质性 ( $I^2=8\%$ ,  $P=0.21$ ), 合并效应量 [MD=-0.54, 95% CI (-2.05, 0.97),  $P=0.48$ ]; 10 周干预各研究之间不存在异质性 ( $I^2=0\%$ ,  $P=0.34$ ), 合并效应量 [MD=1.91, 95% CI (0.23, 3.59),  $P=0.02$ ]。结果显示短周期 2~4 周与

#### 2.4.2 亚组分析

SIT 组与 CON 组对健康普通人群  $\dot{V}O_{2max}$  提高水平的差异可能受对照组干预强度、训练周期、Jadad 评分、性别等因素的影响。因此, 根据纳入 15 个研究的基本特征, CON 组干预强度因素方面分为无干预 (7 个)、ET (8 个) 2 个亚组; 训练周期因素方面根据不同干预强度分为 ET 干预 2~4 周 (2 个)、6~8 周 (4 个)、10 周 (2 个), 无干预 2~4 周 (4 个)、6~8 (2 个)、10 周 (1 个) 共 6 个亚组; 性别因素方面分为男性 (7 个), 女性 (1 个), 男、女混合 (7 个) 3 个亚组; 文献质量因素方面分为高质量 (6 个)、低质量 (9 个) 2 个亚组。

6~8 周, SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提高水平与 ET 干预组不存在统计学差异 ( $P>0.05$ ); 10 周 SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提高水平优于 ET 干预组 ( $P<0.05$ )。

无干预组内比较显示: 2~4 周干预各研究之间不存在异质性 ( $I^2=0\%$ ,  $P=0.46$ ), 合并效应量 [MD=3.06, 95% CI (0.73, 5.39),  $P=0.01$ ]; 6~8 周干预各研究之间不存在异质性 ( $I^2=0\%$ ,  $P=0.54$ ), 合并效应量 [MD=1.86, 95% CI (0.21, 3.49),  $P=0.02$ ]; 10 周干预合并效应量 [MD=1.91, 95% CI (0.23, 3.59),  $P=0.0002$ ]。结果显示 2~10 周 SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提高水平均优于无干预组 ( $P<0.05$ )。

性别因素各研究之间不存在异质性 ( $I^2\leq 50\%$ ,  $P>0.05$ ); 文献质量因素方面, 高质量文献不存在异质性 ( $I^2=0\%$ ,  $P=0.34$ ), 低质量文献各研究之间存在低度异质性 ( $I^2=17\%$ ,  $P=0.29$ ), 可忽略。结果显示 SIT 干预  $\dot{V}O_{2max}$  效果与性别、文献质量无关 ( $P>0.05$ )。



### 2.5 敏感性分析

为了验证本研究结果的可靠性,通过对研究中纳入的 15 个研究进行敏感性分析,改变研究质量差异、纳入标准、统计模型、效应量的选择以及逐个别除纳入文献等,再次进行 Meta 分析,结果显示合并后结果改变不明显,说明本研究的 Meta 分析较为可信。

如表 3 所示,将纳入的 15 个研究,通过逐个剔除的方法,再进行 Meta 分析,结果显示剔除任何一篇文献,P(合并效应)均小于 0.05,SIT 对  $\dot{V}O_{2max}$  的提升水平均优于 CON 组。

表 3 剔除单个研究后的合并效应(SIT 对 CON 组)  
Table III Combined Effects after Excluding a Single Study (SIT vs. CON)

研究	MD(95%CI)	P(合并效应)	I <sup>2</sup>
不剔除	1.70(0.23, 3.16)	0.02	75%
剔除 Fahimeh 等(2007) <sup>[21]</sup>	1.76(0.17, 3.34)	0.03	76%
剔除 Fahimeh 等(2007) <sup>[21]</sup>	1.67(0.16, 3.18)	0.03	77%
剔除 Kirsten 等(2008) <sup>[18]</sup>	2.02(0.65, 3.40)	0.004	64%
剔除 Bailey 等(2009) <sup>[22]</sup>	1.79(0.29, 3.28)	0.02	76%
剔除 Bailey 等(2009) <sup>[22]</sup>	1.68(0.16, 3.20)	0.03	77%
剔除 Rebecca 等(2010) <sup>[23]</sup>	1.66(0.15, 3.17)	0.03	77%
剔除 Jennifer 等(2011) <sup>[14]</sup>	1.69(0.18, 3.20)	0.03	72%
剔除 Bayati 等(2011) <sup>[13]</sup>	1.67(0.15, 3.19)	0.03	78%
剔除 Matsuo 等(2013) <sup>[24]</sup>	1.69(0.16, 3.21)	0.03	77%
剔除 Jason 等(2014) <sup>[15]</sup>	2.09(0.74, 3.44)	0.002	65%
剔除 Rudarli 等(2014) <sup>[25]</sup>	1.86(0.35, 3.36)	0.02	76%
剔除 Songsorn 等(2016) <sup>[26]</sup>	1.68(0.16, 3.21)	0.03	77%
剔除 Sokmen 等(2017) <sup>[27]</sup>	1.62(0.09, 3.15)	0.04	77%
剔除 Sousa 等(2018) <sup>[28]</sup>	1.63(0.10, 3.15)	0.04	77%
剔除 Jordan 等(2018) <sup>[29]</sup>	1.58(0.04, 3.12)	0.04	77%

### 3 讨论分析

近年来,由于缺乏足够的运动锻炼时间<sup>[9-11]</sup>,人们更热衷于短时高效的训练方法,SIT 作为 HIIT 的一种新模式,得到了广泛的关注。相对于 HIIT,SIT 典型的特点是强度大,周期短。其训练强度为“all out”(全力冲刺),间歇时间较为充分,一般比例为 30 s:4 min<sup>[25-29]</sup>,每次训练冲刺 4~6 次<sup>[25-29]</sup>,在 15 min 有限的时间内可以取得理想的效果<sup>[31-32]</sup>,有研究证明 SIT 对心肺适能与肌氧含量的潜在影响可能更为明显<sup>[33-34]</sup>。在周期上,SIT 当前研究主要集中在 2~4 周<sup>[13,15,22,26,28]</sup>与 6~8 周<sup>[14,18,23-25,29]</sup>,10 周<sup>[21,27]</sup>及以上相对较少,有研究认为短周期内 SIT 的锻炼效果可能与周期长短无关<sup>[18,35]</sup>。

Meta 分析结果显示,与 CON 组相比,2~4 周、6~8 周 SIT 训练, $\dot{V}O_{2max}$  的提升效果显著;10 周 SIT 训

练, $\dot{V}O_{2max}$  的提升效果非常显著,但由于已发表的相关文献以及样本量较少,仍需今后进一步研究证明。干预周期方面, Bailey 等让 8 名健身爱好者在 Wingate 功率自行车上以自身体重 7.5% 的阻力作为负荷,全力进行了 4 次 30 s 的冲刺训练,休息间歇为 4 min,每周 3 次,2 周 SIT 后结果显示实验前后受试者的  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 7.14%<sup>[22]</sup>。Bayati 等让 8 名健康男性本科大学生全力以赴进行了 4 周 SIT 训练,其中训练间歇比为 30 s:4 min,每次课重复 6 次冲刺,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 9.64%<sup>[13]</sup>。Songsorn 等让 15 名当地健康男性和女性受试者在功率自行车上以自身体重 7.5% 的阻力负荷进行了 4 周,每周 3 次的冲刺训练,其训练间歇比为 30 s:4 min,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 8.70%<sup>[26]</sup>。Sousa 等让 26 名健康大学生进行了 2 周 SIT,其训练间歇比为 30 s:4 min,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 10.47%<sup>[28]</sup>。Rebecca 等让 10 名健康男女大学生在跑步机上进行了 6 周冲刺训练,其训练间歇比为 30 s:4 min,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 11.54%<sup>[23]</sup>。Kirsten 等让 10 名健康男性和女性受试者在 Wingate 功率自行车进行冲刺训练,其中 1~2 周冲刺 4 次,3~4 周冲刺 5 次,5~6 周冲刺 6 次,共 6 周,每周 3 次,其训练间歇比为 30 s:4 min,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 7.32%<sup>[18]</sup>。Jordan 等让 10 名健康男性大学生进行了 6 周冲刺训练,每周 3 次,其训练间歇比为 30 s:4 min,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 5.52%<sup>[29]</sup>。Sokmen 等让 20 名健康男性和女性受试者进行跑台和 50 m 跑的冲刺训练,间歇 3 min,每周 3 次,持续了 10 周,结果显示实验前后受试者  $\dot{V}O_{2max}$  平均提升 15.55%<sup>[27]</sup>。综上所述,2~4 周与 6~8 周 SIT 训练, $\dot{V}O_{2max}$  提升效果显著,平均提升率分别为 8.08% 与 10.25%,但两者相比,干预周期长短对  $\dot{V}O_{2max}$  提升效果不存在显著差异,本研究结果与 Burgomaster 等研究基本一致,10 周 SIT 训练, $\dot{V}O_{2max}$  平均提升率 12.33%,相关样本较少,结果仍需进一步证明<sup>[18,35]</sup>。

Meta 分析结果显示,与 ET 组相比,2~4 周、6~8 周 SIT 训练, $\dot{V}O_{2max}$  的提升效果不存在显著差异;10 周 SIT 训练,优于 ET 组。Kirsten 等让 10 名健康男性和女性受试者在 Wingate 功率自行车进行冲刺训练,训练间歇比为 30 s:4 min,10 名受试者以 65%  $\dot{V}O_{2max}$  进行 ET 训练,持续 40 min,6 周后受试者实验前后  $\dot{V}O_{2max}$  平均分别提升 7.32% 和 9.76%,结果显示两者不存在显著性差异<sup>[18]</sup>。Rebecca 等让 10



名健康男女大学生跑步机上进行了 6 周间歇比为 30 s:4 min 的冲刺训练,ET 组在跑步机上进行 65%  $\dot{V}O_{2max}$  的有氧耐力训练,1~2 周 30 min,3~4 周 45 min,5~6 周 60 min,6 周后受试者实验前后  $\dot{V}O_{2max}$  平均分别提升 11.54% 和 12.50%<sup>[25]</sup>。Rudarli 等让 8 名健康男性大学生在 Monark 功率自行车上进行了 8 周 SIT 训练,其中训练间歇比为 30 s:4 min,ET 组 Monark 功率自行车上以 60%  $\dot{V}O_{2max}$  进行了 8 周有氧耐力训练,8 周后受试者实验前后  $\dot{V}O_{2max}$  平均分别提升 7.0% 和 8.70%,结果显示两者不存在显著性差异<sup>[25]</sup>。Sokmen 等让 20 名健康男性和女性受试者进行跑台和 50 m 跑的冲刺训练,间歇 3 min,共 10 周,ET 组让 22 名受试者以 75%  $\dot{V}O_{2max}$  在功率自行车上进行了 10 周有氧耐力训练,其中前 4 周时持续 30 min,5 周时持续 35 min,8 周时增加到 40 min,10 周时增加到 60 min,10 周后受试者实验前后  $\dot{V}O_{2max}$  平均分别提升 15.55% 和 8.65%,结果显示 SIT 的  $\dot{V}O_{2max}$  提升效果优于 ET 组<sup>[27]</sup>。综上所述:与 ET 相比,2~4 周、6~8 周 SIT 训练, $\dot{V}O_{2max}$  的提升效果不存在显著差异 ( $P>0.05$ );10 周 SIT 训练,优于 ET 组,但 10 周干预相关样本较少,结果仍需进一步证明。

SIT 作为 HIIT 的一种训练模式,其训练强度较 HIIT 更大,这可能是其可以在短周期内提高  $\dot{V}O_{2max}$  的机制,为此研究者<sup>[14,18,22,24,36]</sup>从影响  $\dot{V}O_{2max}$  的因素出发,在中枢与外周适应上(心输出量与线粒体酶活性)进行探索,认为对于普通人群,其  $\dot{V}O_{2max}$  有可能未达到个体的生理极限,当给予高强度刺激时(SIT),可以使肌纤维募集达到最高的水平<sup>[22]</sup>,在短期内引起了肌纤维内部适应性的变化,刺激到普通人群有氧供能系统,改善肺部利用氧的效率,提高肌肉的氧含量,同时增加氧扩散进入线粒体并与  $H^+$  反应生成  $H_2O$  的能力<sup>[37]</sup>,在短期内提高了普通人群的心肺机能。张晓英在研究中认为,对普通人群来说,最大摄氧量测试中参与运动的肌肉越多, $\dot{V}O_{2max}$  值越大,例如他们在自行车上获得的  $\dot{V}O_{2max}$  值要低于在跑台上得到的  $\dot{V}O_{2max}$  值<sup>[38]</sup>。因此,本研究认为 SIT 可以在短时间内肌纤维募集达到最高的水平,进而提高  $\dot{V}O_{2max}$ 。ET 虽然在相同的周期内(2~4 周与 6~8 周)同样会产生相似的生理适应,但相对于 SIT,其单次训练需要给予更长时间的刺激。因此在短周期内(2~4 周与 6~8 周),SIT 与 ET 并没有表现出显著性的差异。相对于 10 周及更长时间的干预,当前的参考文献相对有限,其机制需要进一步研究探明。

本研究不足之处:(1)在检索过程中没有纳入未

发表的文献,相关文献数据不全。(2)本研究纳入 SIT 方案训练间歇比为 30 s:4 min,对于其他形式的训练间歇方式未纳入,可能引起结果偏倚,但敏感性分析提示减小纳入的文献,并不会对合并效应结果产生显著的影响。(3)纳入受试者年龄较为集中,对于老年、中年纳入较少,未能检验年龄对 SIT 干预效果的影响。在未来研究中应该尝试探究 SIT 对于普通年轻人、中年人、老年的干预效果对比,不同训练间歇比对普通健康人群的影响,SIT 对健康普通人群与非健康人群的干预效果对比。

## 4 结论

SIT 可提高普通健康人群  $\dot{V}O_{2max}$ ; 相对于 ET, SIT 在 2~4 周与 6~8 周内干预效果相同,可作为替代训练,10 周干预,SIT 干预效果优于 ET,但由于相关研究较少且方法学质量评价较低,因此 10 周干预效果仍需进一步研究验证。

## 参考文献:

- [1] Heidenreich P. A., Trogon J. G., Khavjou O. A., et al. Forecasting the Future of Cardiovascular Disease in the United States[J]. *Circulation*, 2011, 123(8):933-944.
- [2] Kahn R., Robertson R. M., Smith R., et al. The impact of prevention on reducing the burden of cardiovascular disease.[J]. *Circulation*, 2008, 118(5):576-589.
- [3] Oxford University Press. Cardio Pulse Articles European Cardiovascular Disease Statistics 4th edition 2012: Euro Heart European Heart Journal Elite Reviewers of 2012 Top EHV Editors 2012 Highlights from European Society of Cardiology Congress 2013[J]. *Health Care Management Science*, 2013, 10(1):25-45.
- [4] Sui X., Hooker S. P., Lee I., et al. A Prospective Study of Cardiorespiratory Fitness and Risk of Type 2 Diabetes in Women[J]. *Diabetes Care*, 2008, 31(3):550-555.
- [5] Lamonte M. J., Barlow C. E., Jurca R., et al. Cardiorespiratory fitness is inversely associated with the incidence of metabolic syndrome: a prospective study of men and women[J]. *Circulation*, 2005, 114(11):505-512.
- [6] Campbell N., Corrao R., Neal B., et al. New evidence relating to the health impact of reducing salt intake [J]. *Nutrition Metabolism & Cardiovascular Diseases*, 2011, 21(9):617-619.
- [7] Heidenreich P. A., Trogon J. G., Khavjou O. A., et al. Forecasting the Future of Cardiovascular Disease in the United States[J]. *Circulation*, 2011, 123(8):933-946.
- [8] Peter H. B., 罗曦娟,Chelsea B.,等.生活方式干预对心



- 血管疾病危险因素的影响——美国 HELPS 项目成果[J].北京体育大学学报,2017,40(6):48-53.
- [9] Godin G., Desharnais R., Valois P., et al. Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: Observations among different populations[J]. American Journal of Health Promotion, 2011, 8(4):279-385.
- [10] Kimm S. Y., Glynn N. W., McMahon R. P., et al. Self-perceived barriers to activity participation among sedentary adolescent girls[J]. Med. Sci. Sports Exerc., 2006, 38(3): 534-540.
- [11] Reichert F. F., Barros A. J. D., Domingues M. R., et al. The role of perceived personal barriers to engagement in leisure-time physical activity[J]. American Journal of Public Health, 2007, 97(3):515-519.
- [12] Milanovic Z., Sporiš G., Weston M. Effectiveness of High-Intensity Interval Training (HIT) and Continuous Endurance Training for  $\dot{V}O_{2max}$  Improvements: A Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials[J]. Sports Medicine. 2015, 45(10):1469-1481.
- [13] Bayati M., Farzad B., Gharakhanlou R., et al. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble 'all-out' sprint interval training[J]. Journal of Sports Science & Medicine, 2011, 10(3):571-576.
- [14] Trilk J. L., Singhal A., Bigelman K. A., et al. Effect of sprint interval training on circulatory function during exercise in sedentary, overweight/obese women[J]. European Journal of Applied Physiology, 2011, 111(8):1591-1597.
- [15] Zelt J., Hankinson P., Foster W., et al. Reducing the volume of sprint interval training does not diminish maximal and submaximal performance gains in healthy men [J]. European Journal of Applied Physiology, 2014, 114(11):2427-2436.
- [16] Sandvei M., Jeppesen P. B., St'en L., et al. Sprint interval running increases insulin sensitivity in young healthy subjects[J]. Archives of Physiology And Biochemistry, 2012, 118(3): 139-147.
- [17] Kong Z., Sun S., Liu M., et al. Short-Term High-Intensity Interval Training on Body Composition and Blood Glucose in Overweight and Obese Young Women[J]. Journal of Diabetes Research, 2016, 2016(40):2314-2336.
- [18] Burgomaster K. A., Howarth K. R., Phillips S. M., et al. Similar metabolic adaptations during exercise after low volume sprint interval and traditional endurance training in humans[J]. Journal of Physiology, 2008, 586(1):151-160.
- [19] Laursen P. B., Jenkins D. G. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes[J]. Sports Medicine, 2002, 32(1):53-73.
- [20] Higgins J., Green S. E. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0. The Cochrane Collaboration (Eds)[J]. Naunyn-Schmiedeberg's Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie, 2011, 5(2):38-45.
- [21] Esfarjani F., Laursen P. B. Manipulating high-intensity interval training: effects on  $\dot{V}O_{2max}$ , the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males[J]. Journal of Science & Medicine in Sport, 2007, 10(1):27-35.
- [22] Bailey S. J., Wilkerson D. P., Dimenna F. J., et al. Influence of repeated sprint training on pulmonary  $O_2$  uptake and muscle deoxygenation kinetics in humans[J]. Journal of Applied Physiology, 2009, 106(6):1875.
- [23] Macpherson R. K., Hazell T. J., Olver T. D., et al. Run Sprint Interval Training Improves Aerobic Performance but Not Maximal Cardiac Output[J]. Medicine & Science In Sports & Exercise, 2010, 43(1):115-122.
- [24] Tanaka K., Mukai C., Matsuo T., et al. Effects of a Low-Volume Aerobic-Type Interval Exercise on  $\dot{V}O_{2max}$  and Cardiac Mass[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise Official Journal of the American College of Sports Medicine, 2014, 46(6):42-50.
- [25] Nalcaan G. R. The Effects of Sprint Interval vs. Continuous Endurance Training on Physiological And Metabolic Adaptations in Young Healthy Adults[J]. Journal of Human Kinetics, 2014, 44(30):97-109.
- [26] Songsorn P., Lambeth-Mansell A., Mair J. L., et al. Exercise training comprising of single 20-s cycle sprints does not provide a sufficient stimulus for improving maximal aerobic capacity in sedentary individuals[J]. European Journal of Applied Physiology, 2016, 116(8): 1511-1517.
- [27] Sökmen B., Withey R. L., Adams G. M., et al. Effects of Sprint Interval Training With Active Recovery vs. Endurance Training on Aerobic and Anaerobic Power, Muscular Strength, and Sprint Ability[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2018, 32(3):624.
- [28] Sousa A. F. D., Medeiros A. R., Flores S. B., et al. Improvements in Attention and Cardiac Autonomic Modulation After a 2-Weeks Sprint Interval Training Program: A Fidelity Approach[J]. Frontiers in Physiology, 2018,





- 9(21):41-92.
- [29] Jordan A. R., Claxton D., Purvis A., et al. Sprint interval training on the vertical treadmill improves aerobic and anaerobic running performance[J]. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 2018, 14(1):106-112.
- [30] Billat L. Interval training for performance: a scientific and empirical practice[J]. *Sports Medicine*, 2001, 31(1):13-31.
- [31] Burgomaster K. A., Heigenhauser G. J., Gibala M. J. Effect of short-term sprint interval training on human skeletal muscle carbohydrate metabolism during exercise and time-trial performance[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2006, 100(6):2041-2047.
- [32] Burgomaster K. A., Heigenhauser G. J. F., Gibala M. J. Skeletal Muscle Metabolic and Performance Adaptations After Short Sprint Interval Training(SIT)[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004, 36(5):20-42.
- [33] Buchan D. S., Ollis S., Young J. D., et al. The effects of time and intensity of exercise on novel and established markers of CVD in adolescent youth[J]. *American Journal of Human Biology*, 2011, 23(4):517-526.
- [34] Iaia F. M., Hellsten Y., Nielsen J. J., et al. Four weeks of speed endurance training reduces energy expenditure during exercise and maintains muscle oxidative capacity despite a reduction in training volume[J]. *Journal of Applied Physiology*, 2009, 106(1):73-80.
- [35] Burgomaster K. A., Cermak N. M., Phillips S. M., et al. Divergent response of metabolite transport proteins in human skeletal muscle after sprint interval training and detraining[J]. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 2007, 292(5):1970-1976.
- [36] Cocks M., Shaw C. S., Shepherd S. O., et al. Sprint interval and moderate-intensity continuous training have equal benefits on aerobic capacity, insulin sensitivity, muscle capillarisation and endothelial eNOS/NAD(P) Hoxidase protein ratio in obese men[J]. *The Journal of Physiology*, 2016, 594(8):2307-2321.
- [37] Mcardle W. D., Katch F. I., Katch V. L. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2001, 23(12):1403-1445.
- [38] 张晓英. 渐进性抗阻力量训练对普通人群力量、最大摄氧量与最大有氧功率的影响[J]. *山东体育学院学报*, 2009, 25(8):65-67.

(责任编辑:刘畅)