调查研究
Investigation

低氧训练对肥胖人群身体成分和血脂影响的meta分析

王航平，孙振武

云南师范大学国家级高原训练实验中心，云南 昆明 650500

摘要：

[目的] 运用meta分析法评估低氧训练对肥胖人群身体成分和血脂水平的影响。

[方法] 检索PubMed、EBSCO、Medline，Central、中国期刊全文数据库、万方等中外期刊数据库，收集有关低氧训练对肥胖人群身体成分及血脂影响的临床随机对照实验（RCT）文献。英文检索词为hypoxia training、hypoxia exercise、normobaric hypoxia training、clinical trial、randomized controlled trial、obesity、body mass index，中文检索词为低氧训练、低氧运动、缺氧训练、临床试验、临床随机对照试验、肥胖、身体成分，检索时限为从建库至2017年12月，未进行语言限制。通过文献筛选后，采用RevMan 5.3软件进行meta分析，效应值以均数（*MD*）及其95%可信区间（95%*CI*）表示。

[结果] 共纳入8个RCT，205个单纯肥胖患者。低氧训练组与常氧训练组在体重指数（*MD*=-1.4，95%*CI*：-2.54~-0.25，*P*<0.001）、体脂率（*MD*=-0.84，95%*CI*：-1.42~-0.26，*P*=0.004）和血液中总胆固醇水平（*MD*=-1.52，95%*CI*：-2.98~-0.05，*P*=0.040）3个指标比较，差异具有统计学意义；而腰臀比、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、甘油三脂等指标的差异不具有统计学意义。不同干预时间和不同低氧训练模式是体重指数异质性的主要来源。低氧训练时间>4周的体重指数差异具有统计学意义（*MD*=-5.73，95%*CI*：-9.36~-2.10，*P*<0.001）；间歇性低氧训练（*MD*=-0.94，95%*CI*：-1.31~-0.74，*P*=0.050）的模式对肥胖者体重指数差异亦具有统计学意义。不同干预时间是血清总胆固醇水平异质性的主要来源，低氧训练时间>4周的肥胖者总胆固醇水平差异具有统计学意义（*MD*=-2.42，95%*CI*：-4.20~-0.65，*P*<0.001）。

[结论] 低氧训练>4周对肥胖者的体重指数和血清总胆固醇有影响。间歇性低氧训练对肥胖者的体重指数有改善作用。

关键词： 肥胖；低氧训练；身体成分；血脂；成年人

Effects of hypoxic training on body composition and blood lipid in obese people: A meta analysis

WANG Hang-ping, SUN Zhen-wu (*National Plateau Training Experimental Center of Yunnan Normal University, Kunming, Yunnan* 650500*, China*)

Abstract:

[Objective] To clarify the effects of hypoxic training on body composition and lipid level of obese people by meta analysis method.

[Methods] In this study, we searched PubMed, EBSCO, Medline, Central, Chinese Academic Journals Full-text Database, Wanfang databases from inception to December 2017 to collect literatures on the effects of hypoxia training on body composition and blood lipid of obese people by using search words in either English or Chinese such as hypoxia training, hypoxia exercise, normobaric hypoxia training, clinical trial, randomized controlled trial, obesity, and body mass index, without language restriction. After literature screening, meta analysis was conducted using RevMan 5.3 software, and effect values were reported as mean difference and 95% confidence interval.

[Results] A total of 8 RCT and 205 obese patients were included. Body mass index (*MD*=-1.4, 95%*CI*: -2.54 - -0.25, *P*<0.001), body fat percentage (*MD*=-0.84, 95%*CI*: -1.42 - -0.26, *P*=0.004), and total cholesterol concentration (*MD*=-1.52, 95%*CI*: -2.98 - -0.05, *P*=0.040) were statistically different between hypoxia training group and normoxia training group. However, waist-to-hip ratio, high-density lipoprotein, low-density lipoprotein, and triglyceride were not. Different intervention time and different hypoxia training patterns were the main sources of heterogeneity in body mass index. Hypoxia training >4 weeks affected body mass index (*MD*=-5.73, 95%*CI*:

DOI 10.13213/j.cnki.jeom.2019.18435

基金项目
云南省科技计划项目（2014RA010）；云南省教育厅科学研究基金项目（2015Y143）

作者简介
王航平（1978—），男，硕士，副教授；
E-mail：wanghangping2006@163.com

通信作者
孙振武，E-mail：zhenwu62@163.com

利益冲突 无申报
收稿日期 2018-06-30
录用日期 2018-12-07

文章编号 2095-9982(2019)02-0157-08
中图分类号 R87
文献标志码 A

▸引用
王航平，孙振武.低氧训练对肥胖人群身体成分和血脂影响的meta分析[J].环境与职业医学，2019，36（2）：157-163，169.

▸本文链接
www.jeom.org/article/cn/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18435

Funding
This study was funded.

Correspondence to
SUN Zhen-wu, E-mail: zhenwu62@163.com

Competing interests None declared
Received 2018-06-30
Accepted 2018-12-07

▸To cite
WANG Hang-ping, SUN Zhen- wu. Effects of hypoxic training on body composition and blood lipid in obese people: A meta analysis[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2019, 36(2): 157-163, 169.

▸Link to this article
www.jeom.org/article/en/10.13213/j.cnki.jeom.2019.18435

-9.36 - -2.10, $P<0.001$); intermittent hypoxic training (*MD*=-0.94, 95%*CI*: -1.31 - -0.74, $P=0.050$) also affected body mass index of the obese people. Different intervention time was the main source of heterogeneity in total cholesterol concentration. Hypoxia training >4 weeks affected total cholesterol concentration (*MD*=-2.42, 95%*CI*: -4.20 - -0.65, $P<0.001$).

[Conclusion] Hypoxia training >4 weeks affects body mass index and serum total cholesterol of obese patients. Intermittent hypoxic training is effective for improving body mass index.

Keywords: obesity; hypoxic training; body composition; blood lipid; adult

根据世界卫生组织（世卫组织）的定义，在亚洲人群中将体重指数≥23 kg/m^{2}界定为超重，体重指数≥25 kg/m^{2}和≥30 kg/m^{2}分别定义为肥胖和重度肥胖[1]。肥胖主要是能量摄入过多、身体活动量较少以及遗传等因素所导致，是高胆固醇血症、糖尿病等心血管疾病和代谢综合征等慢性疾病的主要诱发因素。在全球范围内，男性成人中体重指数在25 kg/m^{2}或以上的比例由1980年的28.8%上升到2013年的36.9%，女性成人中由29.8%上升到38.5%[2]。因此，如何有效地控制体重和减肥已经成为预防医学的重要研究课题。

目前最有效的减肥策略是运动和限制饮食[3-4]。与其他治疗方法相比，运动具有安全、无毒副作用、娱乐性强等特点。一种利用低氧环境进行运动的全新减肥策略在近几年来引起了学者的广泛关注，研究表明机体在低氧环境下进行周期化训练后，体脂下降的速率明显增加[5-6]，但也有研究认为低氧训练干预对参与者的身体成分和血脂水平的改善不明显[7-8]，而且关于低氧运动减肥的机制目前尚不清楚。因此，本研究对有关低氧运动减肥的相关研究进行meta分析，定量评定低氧运动对身体成分及生物代谢指标的影响，探讨低氧运动减肥的生理机制，为低氧运动减肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 文献检索策略

采用文献计量法，以“主题词”+“自由词”为检索策略，在PubMed、EBSCO、Medline，Central和中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据库中进行检索，英文检索词为hypoxia training、hypoxia exercise、normobaric hypoxia training、clinical trial、randomized controlled trial、obesity、body mass index，中文检索词为低氧运动、低氧训练、缺氧训练、临床试验、临床随机对照试验、肥胖、身体成分。检索时限为从建库至2017年12月，未进行语言限制。共检索到813篇文献。

1.2 定义

1.2.1 低氧训练的定义 低氧训练是指在人工模拟或高原自然低氧环境下，通过低压缺氧和运动的双重刺激使机体产生应激反应，调动机体潜能，提高人体运动能力的一种抗缺氧训练方法[9]。

1.2.2 低氧训练的分类 根据训练方法的不同，可以将低氧训练分为高住低练（living high and training low，HILO）、低住高练（living low and training high，LOHI）、高住高练低训（living high-training high and training low，HIHILO）、间歇性低氧训练（intermittent hypoxic training，IHT）4种模式。HILO是指受试者在高原或人工低氧环境居住，在平原或海拔较低的环境训练，在这种模式下，人体虽然没有直接进行低氧训练，但是这种环境的交替会给人体心肺系统造成影响；LOHI与HILO训练模式刚好相反，是在平原地区利用人工方法制造低氧环境，让受试者以一定的运动强度和时间进行交替性训练，晚上睡在常氧状态下的平原，是一种新的模拟低氧训练方法；HIHILO是在传统的HILO基础上增加在较高海拔地区进行中等强度训练的方法；IHT是指在平原地区借助低氧仪让受试者间歇性地吸入低于正常氧分压的气体，造成体内适度缺氧的训练方法[10]。

1.3 方法

1.3.1 纳入与排除标准 纳入标准：①所有研究均为临床随机对照实验（randomized controlled trial，RCT）；②研究对象均为单纯肥胖者；③研究采用自然或人工模拟低氧环境进行运动训练，训练方法为HILO、LOHI、HIHILO、IHT 4种低氧训练模式的一种，低氧训练干预时间≥2周，实验组进行低氧干预训练、对照组进行常氧训练；④研究对象均采用常规饮食；⑤研究指标包括体重指数、体脂率、腰臀比3个身体成分指标和高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、血清总胆固醇、甘油三酯4个生物代谢指标。排除标准：①综述报道、个案报告研究；②重复发表、非核心期刊收录的研究；③无法获得全文的摘要性研究和未公开发表研究。

1.3.2 数据提取和质量评价 根据文献的基本信息（作者、发表年份、发表杂志）、研究对象基本资料（年龄、性别、分组）、干预措施（时间、内容、结局评价指标）、研究方法（随机对照试验）等内容设计数据提取

表格，由2名研究者分别在全文通读的基础上对纳入文献进行数据资料的提取，存在争议时通过讨论或专家咨询方式解决；由2名研究者运用Jadad评分法[11]对所纳入文献进行方法学的质量评价、利用Cochrane手册所提供的标准[12]对纳入文献的随机分配方法、随机方案隐藏、盲法以及其他偏倚等进行风险等级的判断和评估。Cochrane判断标准分为低偏倚风险、偏倚风险不确定和高偏倚风险3个等级；Jadad评分标准为“恰当”计2分、“不清楚”计1分、“不完整”计0分，总分1~3分为低质量、4~6分为中等质量、7~8分为高质量。

1.4 结局指标

主要观察指标：①身体成分指标包括体重指数、体脂率、腰臀比；②生物代谢指标包括高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、血清总胆固醇、甘油三酯。

1.5 统计学分析

对纳入文献采用Review Manager 5.3版软件进行数据统计分析。统计学异质性分析使用Q检验，当$I^2 \leqslant 50\%$、$P>0.10$时，表明各研究间同质性较好，采用固定效应模型计算合并统计量，当$I^2<50\%$，$P<0.10$时，表示各研究间存在异质性，采用随机效应模型进行meta分析。当$50\%<I^2 \leqslant 75\%$表明各研究间具有中等程度异质性；当$I^2>75\%$表明各研究间具有较高程度异质性，进行亚组分析，寻找异质性产生的原因[13-14]。剔除权重较大的一组数据后进行敏感性分析，评价结果是否稳定和可靠。效应值采用标准均数差（standardized mean difference，*SMD*）、均数差（mean difference，*MD*）及其95%可信区间（confidence interval，*CI*）进行统计分析。纳入研究敏感性采用逐一剔除文献法进行分析，使用Egger法检验发表偏倚，检验水准α=0.05。

2 结果

2.1 检索结果

利用文献检索策略共获得813篇初检文献，根据纳入和排除标准进行全文筛选和剔除后，获得文献32篇，排除结局指标不符合及无法获取数据的文献24篇，最终共有8篇文献纳入本次meta分析[15-22]，其中中文文献3篇、英文文献5篇。筛选流程见图1。

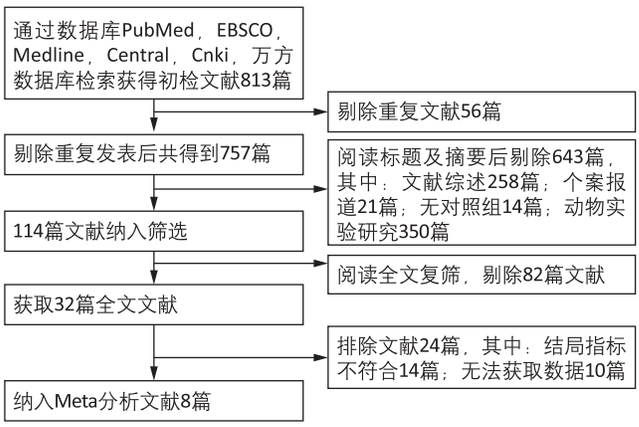

图1 文献筛选流程

2.2 纳入研究特征

由表1可见，纳入的8个研究样本总量为205人，参与者均为单纯肥胖者。所有纳入研究均采用了低氧训练模式，低氧环境的获得途径：有7篇为低氧舱、1篇为自然低氧，干预时间为2周到13周不等，结局指标均涉及身体成分指标及血脂指标。

表1 纳入研究的基本特征

文献	受试者来源	组别	人数 男	人数 女	年龄（$\bar{x}\pm s$，岁）	体重指数（$\bar{x}\pm s$，kg/m²）	低氧训练模式	干预时间（周）	干预方式	训练形式	训练频率和强度	结局指标
Gatterer等[15]	32名肥胖志愿者，有能力完成中等强度运动	实验组	4	12	50.3±10.3	37.9±8.1	IHT	8	3 500 m的模拟海拔训练，4 500 m的模拟海拔休息	自行车 跑步机	频率：90 min/次，2次/周 训练强度：65%~70%最大心率	体成分指标：体重指数、腰臀比、体脂率 血液指标：高密度脂蛋白、血清总胆固醇、甘油三酯
		对照组	6	10	52.4±7.9	36.3±4.0	IHT	8	常氧居住和训练			
Wiesner等[16]	45名久坐不动的单纯肥胖者	实验组	10	14	42.2±1.2	33.1±0.3	HILO	4	2 740 m的模拟海拔训练，其余时间常氧居住	跑步机	频率：1 h/d，3 d/周 训练强度：65%~70%最大心率	体成分指标：去脂体重、体脂率 血液指标：高密度脂蛋白、低密度脂蛋白
		对照组	8	13	42.1±1.7	32.5±0.8	HILO	4	常氧居住和训练			
Gutwenger等[17]	14名参加体能训练项目的单纯肥胖中老年人	实验组	3	5	50.1±7.8	32.3±4.2	HILO	2	1 900 m海拔户外运动	徒步	频率：3 h/d，4次/周 训练强度：55%~65%最大心率	体成分指标：体重指数、体肪率 血液指标：高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、血清总胆固醇
		对照组	3	3	63.3±5.2	31.1±5.3	HILO	2	300 m海拔户外运动			
Kong等[18]	18名公开招募的肥胖年轻人	实验组	5	5	19.8±2.2	34.7±5.3	HILO	4	2 000~3 000 m海拔训练，其他时间常氧居住	跑步机 自行车	频率：1 h/d，5 d/周 训练强度：65%~70%最大心率	体成分指标：体重指数、脂肪重量、腰臀比、体脂率 血液指标：血清总胆固醇
		对照组	5	3	22.3±1.7	33.8±5.6	HILO	4	常氧居住和训练			

续表 1

文献	受试者来源	组别	人数 男	人数 女	年龄（$\bar{x}\pm s$，岁）	体重指数（$\bar{x}\pm s$，kg/m²）	低氧训练模式	干预时间（周）	干预方式	训练形式	训练频率和强度	结局指标
Urdampilleta 等[19]	26 名单纯肥胖中年人	实验组	6	8	44.7±4.3	33.7±2.7	IHT	13	前 2 周在模拟海拔 2 150 m 进行训练；其余均在 2 750~3 350 m 模拟海拔训练	自行车	频率：1 h/ 次，2 次 / 周 训练强度：50% 最大心率	体成分指标：体重指数、体脂率、腰围 血液指标：高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、血清总胆固醇、甘油三脂
		对照组	6	6	42.6±5.4	34.4±2.8	IHT	13	常氧居住和训练			
王宁琦等[20]	18 名参加减肥夏令营的肥胖青年	实验组	6	5	19.5±1.64	34.6±5.1	IHT	4	2 500~2 800 m 的模拟海拔训练，常氧休息	自行车 跑步机	频率：1 h/ 次，3 次 / 周 训练强度：SpO_2 维持在 90%~92%。	体成分指标：体重指数、体脂率 血液指标：高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、血清总胆固醇、甘油三脂
		对照组	4	3	22.4±2.07	35.2±5.1	IHT	4	常氧居住和训练			
赵述强等[21]	18 名自愿参与研究的单纯肥胖大学生	实验组	9	0	18.2±2.24	32.9±3.1	HILO	4	氧浓度约 14.7% 的模拟海拔训练，其余时间常氧居住	自行车	频率：1 h/d，5 d/ 周 训练强度：65%~75% 最大心率	体成分指标：体重指数、去脂百分比 血液指标：甘油三脂
		对照组	9	0	18.1±1.79	31.5±2.6	HILO	4	常氧居住和训练			
李靖等[22]	34 名世居平原且单纯性肥胖青少年	实验组	8	8	20.3±3.7	33.2±3.5	HILO	4	2 366 m 的模拟海拔训练，常氧休息	平板跑台	频率：1 h/d，6 次 / 周 训练强度：60%~65% 最大心率	体成分指标：体重指数、腰臀比、体脂率、脂肪重量 血液指标：甘油三酯
		对照组	10	8	19.8±4.2	33.9±3.4	HILO	4	海拔 <50 m 常氧居住和训练			

2.3 基线分析与质量评价结果

由图 2 可见，纳入的 8 个 RCT 的分组方法均为随机法，其中有 4 个 RCT 有具体的随机方法，而另外 4 个 RCT 采用盲法和分配隐藏。8 个文献均存在一定偏倚性，文献整体质量被评定为中等。王宁琦等[20]和李靖等[22]的研究对象存在不同程度的流失，数据不完整，使结局指标产生偏倚风险；赵述强等[21]的研究中体脂率和血清总胆固醇信息不全，也对结局指标偏倚风险产生了较大的影响。运用 Jadad 评分法对所纳入文献进行方法学质量评价，通过表 2 可见，所纳入的 8 个文献中，高质量文献 1 篇，中等质量文献 7 篇。

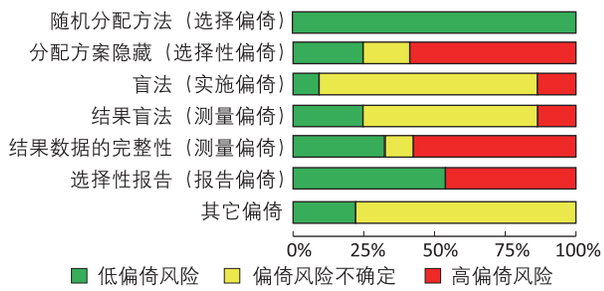

图 2 纳入研究偏倚评价

表 2 纳入研究的 Jadad 评分

纳入文献	随机分配方法	分配方案隐藏	盲法	结果数据的完整性	Jadad 评分
Gatterer 等[15]	恰当	恰当	不清楚	完整	7
Wiesner 等[16]	恰当	不清楚	不清楚	完整	6
Gutwenger 等[17]	恰当	不清楚	不清楚	完整	6
Kong 等[18]	不清楚	恰当	不清楚	完整	6
Urdampilleta 等[19]	恰当	不清楚	不清楚	完整	6
王宁琦等[20]	不清楚	不清楚	恰当	不完整	4
赵述强等[21]	不清楚	恰当	不清楚	不完整	4
李靖等[22]	不清楚	不清楚	恰当	不完整	4

2.4 发表偏倚

对本次纳入研究的发表偏倚进行 Egger 检验，由图 3 可见，漏斗图形较为对称，t=0.72、P=0.412，说明偏倚较小，因此可以进行 meta 分析。

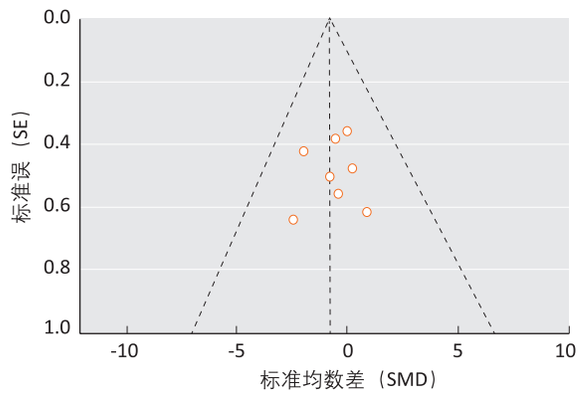

图 3 纳入研究文献漏斗图

2.5 meta 分析结果

2.5.1 体重指数 被纳入的 7 个研究结果间具有较高异质性（P<0.001，I^2=89%），因此采用随机效应模型进行分析。结果显示：低氧训练组体重指数低于常氧训练组，差异具有统计学意义（MD=-1.4，95%CI：-2.54~-0.25，P<0.001），表明低氧训练可以降低肥胖者的体重指数。

2.5.2 体脂率 被纳入的 7 个研究结果间具有中度异质性（P<0.001，I^2=65%），因此采用随机效应模型进行分析。结果显示：低氧训练组体脂率低于常氧训练组，差异具有统计学意义（MD=-0.84，95%CI：-1.42~-0.26，P=0.004），表明低氧训练可以降

低肥胖者的体脂率水平。

2.5.3 腰臀比 被纳入的3个研究结果间不具有异质性（P=0.610，I^2=0%），故采用固定效应模型进行分析。结果显示：低氧训练组与常氧训练组腰臀比差异不具有统计学意义（MD=-0.03，95%CI：-0.06~0.01，P=0.304）。

2.5.4 血清总胆固醇 被纳入的5个研究结果间具有高度异质性（P<0.001，I^2=89%），故采用随机效应模型进行分析。结果表明：低氧训练组血清总胆固醇水平低于常氧训练组，差异具有统计学意义（MD=-1.52，95%CI：-2.98~-0.05，P=0.040），表明低氧训练可有效降低肥胖者的血清总胆固醇水平。

2.5.5 高密度脂蛋白 被纳入的5个研究结果间具有中度异质性（P=0.220，I^2=31%），故采用固定效应模型进行分析。结果显示：低氧训练组与常氧训练组高密度脂蛋白浓度差异不具有统计学意义（MD=0.83，95%CI：-0.81~2.48，P=0.320）。

2.5.6 低密度脂蛋白 被纳入的5个研究结果间具有高度异质性（P=0.007，I^2=75%），故采用随机效应模型进行分析。结果显示：低氧训练组与常氧训练组低密度脂蛋白浓度的差异不具有统计学意义（MD=1.03，95%CI：0.00~2.06，P=0.450）。

2.5.7 甘油三脂 被纳入的5个研究结果间具有高度异质性（P<0.001，I^2=93%），故采用随机效应模型进行分析。结果显示：低氧训练组与常氧训练组血液甘油三脂浓度差异不具有统计学意义（MD=0.58，95%CI：-1.16~2.32，P=0.510）。

2.6 敏感性分析

结局指标体重指数纳入研究的合并效应为MD=-1.40，95%CI：-2.54~-0.25，P<0.001，I^2=89%，具有统计学意义。剔除“李靖等[22]”研究后，异质性由高度降为中度（I^2=61%），再依次剔除其他单个纳入研究后，合并效应MD范围为-2.64~-1.19，均P<0.001，I^2范围为87%~91%。见表3。

表3 结局指标体重指数敏感性分析

剔除研究项	MD（95%CI）	P	I^2（%）
Gatterer等[15]	-1.44（-2.88，-0.01）	<0.001	91
Gutwenger等[17]	-1.77（-2.92，-0.61）	<0.001	87
Kong等[18]	-1.21（-2.45，-0.02）	<0.001	90
Urdampilleta等[19]	-2.64（-2.95，-0.36）	<0.001	88
王宁琦等[20]	-1.19（-2.41，-0.03）	<0.001	89
赵述强等[21]	-1.55（-2.91，-0.20）	<0.001	90
李靖等[22]	-0.97（-1.97，-0.02）	<0.001	61

结局指标血清总胆固醇水平纳入研究的合并效应为MD=-1.52，95%CI：-2.98~-0.05，P=0.040，I^2=89%，具有统计学意义。剔除“Urdampilleta等[19]”研究后，异质性由高度降为中度（I^2=67%），再依次剔除其他单个纳入研究后，MD范围为-2.09~-1.46，均P<0.050，I^2范围为87%~92%。见表4。

表4 结局指标血清总胆固醇敏感性分析

剔除研究项	MD（95%CI）	P	I^2（%）
Gatterer等[15]	-1.46（-3.40，-0.48）	<0.001	91
Gutwenger等[17]	-2.09（-3.39，-0.80）	0.001	87
Kong等[18]	-1.64（-3.56，-0.29）	<0.001	92
Urdampilleta等[19]	-0.83（-1.95，-0.29）	0.003	67
王宁琦等[20]	-1.61（-3.52，-0.31）	0.001	92

2.7 亚组分析

meta分析结果显示：体重指数、血清总胆固醇两个具有统计学意义（P<0.001）的结局指标各研究间具有高度异质性（I^2>75%），根据可能引起异质性的一些研究特征，如：不同干预时间、不同训练模式，本研究对其进行了亚组分析。

2.7.1 体重指数亚组分析 对体重指数进行不同干预时间的亚组分析，结果表明：低氧训练时间>4周对肥胖者体重指数具有统计学意义（MD=-5.73，95%CI：-9.36~-2.10，P<0.001），低氧训练时间≤4周对体重指数没有统计学意义（MD=-0.76，95%CI：-1.39~-0.13，P=0.110）。因此，可认为不同干预时间可能是体重指数异质性的一个来源。

对体重指数进行不同低氧训练模式的亚组分析，结果表明：IHT对肥胖者体重指数具有统计学意义（MD=-0.94，95%CI：-1.31~-0.74，P=0.050），但2个研究之间存在高度异质性（I^2=96%）；HILO对肥胖者体质指数不具有统计学意义（MD=-1.17，95%CI：-2.28~-0.05，P=0.301），5个研究之间存在中度异质性（I^2=58%）。因此，可认为不同低氧训练模式可能是体重指数异质性的另一个来源。

2.7.2 血清总胆固醇水平亚组分析 对血清总胆固醇水平进行不同干预时间的亚组分析，结果表明：低氧训练时间>4周对肥胖者总胆固醇水平具有统计学意义（MD=-2.42，95%CI：-4.20~-0.65，P<0.001），低氧训练时间≤4周血清总胆固醇水平差异不具有统计学意义（MD=-0.16，95%CI：-2.27~1.96，P=0.880）。因此，对于血清总胆固醇，可认为不同干预时间是异质性的主要来源。

3 讨论

肥胖已被列入21世纪的全球流行病，给人们健康造成了极大的威胁。此外，心血管疾病、Ⅱ型糖尿病和癌症等在肥胖人群中发生的风险更高，可能导致更高的死亡率[23]。因此，减肥被认为是预防和治疗这类疾病的重要手段。但鉴于目前体重管理策略的不足，有必要采用创新的方法来进行临床相关的减肥治疗以改善超重和肥胖患者的健康水平。

低氧环境是指相对于海平面高度常氧环境（大气压为1个标准大气压即760 mmHg，氧含量为20.9%，氧分压为160 mmHg）氧分压较低的一种环境，包括自然高海拔低氧环境（一种低压低氧环境，其大气中氧含量与常氧环境下相同，但大气压力随海拔高度上升而下降，其氧分压也随海拔高度上升而下降）和人工低氧环境（包括模拟高海拔的低压低氧环境以及常压低氧环境）。低氧环境对有机体而言是一种刺激，有机体在接受短暂或长期低氧暴露或低氧训练后将会发生一系列反应或适应性变化，包括机体氧运输、氧利用、葡萄糖转运、血管生成、血管舒张功能及有关代谢酶活性的变化等[24]。高强度的间歇性训练被认为是治疗包括肥胖在内的几种常见病理状态的一种行之有效的前瞻性治疗方法[25]。有研究报道，周期化低氧训练能降低3%的体重，并且促进和改善其他健康状况，包括心肺耐力[26]，这可能与人体在缺氧条件下食物摄入减少和能量消耗增加有关[27]。同时，低氧对脂代谢有明显的改善作用，低氧训练可以通过影响糖酵解酶的活性，增加血液中的血清素，降低瘦素水平，从而改善肥胖人群的身体成分和血脂水平[28]。但是目前此方面的相关研究样本量还较少，且在结果上存在差异。

本研究结果显示，低氧训练能够明显改善肥胖患者的体质指数、体脂率及血清总胆固醇水平，而对腰臀比、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、甘油三脂等指标的影响不具有统计学意义。对此，研究结果并不完全一致。Hobbins等[29]通过检索2000—2017年发表的有关低氧训练对肥胖人群和动物体重及心脏代谢影响的研究并进行系统评价，其结论为低氧训练可降低肥胖者2%~4%的体重，然而在研究急性和慢性低氧训练对甘油三脂、血清总胆固醇水平和健康能力等影响方面，存在不一致的发现。Balykin等[30]对32名单纯肥胖者进行为期8周的正常气压间断缺氧训练，结果发现低氧训练并没有使肥胖者体重降低和代谢危险因素发生变化，这可能与低氧环境的O_2浓度不同有关。

本研究不仅分析了低氧训练对肥胖人群身体成分的影响，还对肥胖者的血脂进行了分析。为了进一步提高研究结果的可靠性，采用逐一剔除法对纳入研究进行了敏感性分析，结果显示剔除各1组异常数据后，体重指数的I^2由89%降为61%，血清总胆固醇的I^2由89%降为67%。为了进一步确定异质性的来源，将所纳入研究按低氧训练时间、低氧训练模式分别进行亚组分析，结果显示，IHT模式组I^2为58%，HILO模式组I^2为96%，这主要是由于肥胖病患者对高原环境更为敏感，易诱发高原反应。因此，肥胖患者进行低氧训练更应控制好运动的强度，IHT模式可能会成为一种预防和治疗肥胖引起的代谢紊乱以及心血管功能失调等疾病的重要手段[31]。

本研究的局限性在于：第一，纳入研究对肥胖的判定标准不统一，其中李靖等[22]、Kong等[18]将体重指数超标20%判定为肥胖；而王宁琦等[20]、赵述强等[21]、Gatterer等[15]、Wiesner等[16]是依据世界卫生组织的肥胖标准将体重指数在30~34.9定义为一级肥胖、35~39.9为二级肥胖、≥40为三级肥胖；第二，亚洲人和欧洲人人种上存在差异，本次纳入的8个研究中，有3个研究的对象是欧美人群，有5个研究的对象为中国人群；第三，纳入研究在低氧训练方式、干预方式、干预时间及训练形式上存在较大的不同，这些均会对合并结果的真实性产生影响，所以只能采用SMD进行合并分析；第四，本研究所纳入研究存在一定的异质性，排除潜在影响因素后，异质性降低，这将对本研究结果证据推荐的强度产生较大负面影响。

综上所述，低氧训练干预时间>4周对肥胖者的体重指数和血清总胆固醇有影响，间歇性低氧训练对肥胖患者的体重指数的改善有作用。但本文纳入文献存在明显的异质性，因此还需要寻找更多、更高质量的研究对分析结果予以验证。

参考文献

[1] CHOI H N，YIM J E. Effects of erythrocyte membrane polyunsaturated fatty acids in overweight，obese，and morbidly Obese Korean women [J]. J Cancer Prev，2017，22（3）：182-188.

[2] NG M，FLEMING T，ROBINSON M，et al. 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]. Lancent，2014，384（9945）：746-781.

[3] YANG Q，HUANG G Y，TIAN Q Q，et al. “living high-training low” improved weight loss and glucagon-like peptide-1 level in a 4-week weight loss program in adolescents with obesity：a pilot study [J]. Medicine，2018，97（8）：e9943.

[4] MELBY C，PARIS H L，FORIGHT R M，et al. Attenuating the biologic drive for weight regain following weight loss：must what goes down always go back up [J]. Nutrients，2017，9（5）：468.

[5] 路瑛丽，谢敏豪，冯连世. 高原/低氧与减控体重研究 [J]. 中国运动医学杂志，2012，31（2）：169-174.

[6] INNESS M W H，BILLAUT F，AUGHEY R J. live-high train-low improves repeated time-trial and YO-YO IR2 performance in sub-elite team-sport athletes [J]. J Sci Med Sport，2017，20（2）：190-195.

[7] 刘云，陈晓莉，花芸. 饮食和运动干预对减少孕期超重、剖宫产、巨大儿效果的meta分析 [J]. 中国实用护理杂志，2014，30（22）：43-47.

[8] 吴娜娜，王茹，王雪强. 急性运动成年人血浆胃肠激素肽水平变化的meta分析 [J]. 中国组织工程研究，2015，19（15）：2455-2460.

[9] 虞轶群，季浏，李群，等. 高原训练思想的变迁与展望 [J]. 沈阳体育学院学报，2011，30（5）：83-86.

[10] 胡扬. 高原训练的多元化发展——从HIHI到HILO再到HIHI+HIHILO [J]. 体育科学，2010，30（11）：74-78.

[11] BAÑARES R，ALBILLOS A，RINCÓN D. Endoscopic treatment versus endoscopic plus pharmacologic treatment for acute variceal bleeding：a meta-analysis [J]. Hepatology，2002，35（3）：609-615.

[12] HIGGINS J P T，GREEN S. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.0 [EB/OL]. [2008-09-01]. http://www.oalib.com/references/19719850.

[13] 王继红，刘晓丹，胡军，等. 太极拳对老年慢性阻塞性肺疾病患者肺功能和运动耐力影响的meta分析 [J]. 中国组织工程研究，2015，19（5）：815-820.

[14] 刘鸣. 系统评价、meta-分析设计与实施方法 [M]. 北京：人民卫生出版社，2011：99-101.

[15] GATTERER H，HAACKE S，BURTSCHER M，et al. Normobaric intermittent hypoxia over 8 months does not reduce body weight and metabolic risk factors-a randomized，single blind，placebo-controlled study in normobaric hypoxia and normobaric sham hypoxia [J]. Obes Facts，2015，8（3）：200-209.

[16] WIESNER S，HAUFE S，ENGELI S F，et al. Influences of normobaric hypoxia training on physical fitness and metabolic risk markers in overweight to obese subjects [J]. Obsity，2010，18（1）：116-120.

[17] GUTWENGER I，HOFER G，GUTWENGER A K. Pilot study on the effects of a 2-week hiking vacation at moderate versus low altitude on plasma parameters of carbohydrate and lipid metabolism in patients with metabolic syndrome [J]. BMC Res Notes，2015，8：103.

[18] KONG Z，ZANG Y，HU Y. Normobaric hypoxia training causes more weight loss than normoxia training after a 4-week residential camp for obese young adults [J]. Sleep Breath，2014，18（3）：591-597.

[19] URDAMPILLETA A，GONZÁLEZ-MUNIESA P，PORTILLO M P，et al. Usefulness of combining intermittent hypoxia and physical Exercise in the treatment of obesity [J]. J Physiol Biochem，2012，68（2）：289-304.

[20] 王宁琦，胡扬，官余凌. 4周低氧运动结合饮食控制对肥胖青年体重、血脂及胰岛素抵抗的影响 [J]. 中国运动医学杂志，2012，31（4）：289-294.

[21] 赵述强，时洪举. 低氧训练对肥胖大学生体成分和有氧耐力的影响 [J]. 中国学校卫生，2016，37（11）：1637-1640.

[22] 李靖，张漓，冯连世，等. 高原或低氧训练对肥胖青少年减体重效果及血糖代谢相关指标的影响 [J]. 中国运动医学杂志，2014，33（5）：460-464.

[23] GUH D P，ZHANG W，BANSBACK N，et al. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight：a systematic review and meta-analysis [J]. BMC Public Health，2009，9：88.

[24] 黄徐根，徐建方，冯连世. 低氧暴露及低氧训练对体重的影响 [J]. 体育科学，2006，26（3）：86-93，96.

[25] CAMACHO-CARDENOSA M，CAMACHO-CARDENOSA A，MARTÍNEZ GUARDADO I，et al. A new dose of maximal-intensity interval training in hypoxia to improve body composition and hemoglobin and hematocrit levels：a pilot study [J]. J Sports Med Phys Fitness，2017，57（1/2）：60-69.

[26] 荆文，冯连世，邹飞，等. 低氧暴露及低氧训练调控脂代谢研究进展 [J]. 中国运动医学杂志，2012，31（12）：

（下转第169页）

响因素 [J]. 中国学校卫生，2005，26（11）：893-894.

[15] MOREIRA P，PADRÃO P E. Educational，economic and dietary determinants of obesity in Portuguese adults：A cross-sectional study [J]. Eat Behav，2006，7（3）：220-228.

[16] 李珊珊，王海俊，吴双胜，等. 北京市不同体型小学生饮食行为调查 [J]. 中国学校卫生，2010，31（6）：662-664.

[17] 童方，米杰，程红，等. 儿童青少年奶制品摄入频次与体格发展关联性研究 [J]. 中国食物与营养，2012，18（4）：79-83.

[18] MAJOR G C，CHAPUT J P，LEDOUX M，et al. Recent developments in calcium-related obesity research [J]. Obes Rev，2008，9（5）：428-445.

[19] 廖小华，黄晓丽. 肥胖对儿童青少年心理健康的影响 [J]. 湖南人文科技学院学报，2009（6）：133-134.

[20] 王春生. 单纯性肥胖儿童心理社会行为因素及心理健康调查分析 [J]. 陕西医学杂志，2005，34（5）：635-637.

[21] ZHOU S S，LI D，ZHOU Y M，et al. B-vitamin consumption and the prevalence of diabetes and obesity among the US adults：population based ecological study [J]. BMC Public Health，2010，10：746.

[22] 周士胜，臧益民. B族维生素过量与心血管病风险 [J]. 心脏杂志，2012，24（1）：110-113.

[23] 郜蕊，陈静，周筱燕. 单纯性肥胖高中生血清钙铁锌铜对脂代谢影响 [J]. 中国公共卫生，2011，27（4）：494-495.

[24] 周筱燕，陈静，郑晓丽，等. 单纯性肥胖青少年血清钙铁锌铜对糖代谢的影响 [J]. 广东医学，2011，32（8）：1029-1031.

[25] STRAUSS R S. Comparison of serum concentrations of alpha-tocopherol and beta-carotene in a cross-sectional sample of obese and nonobese children（NHANES Ⅲ）. National health and nutrition examination survey [J]. J Pediatr，1999，134（2）：160-165.

[26] MORINOBU T，MURATA T，TAKAYA R，et al. Nutritional status of beta-carotene，alpha-tocopherol and retinol in obese children [J]. Int J Vitam Nutr Res，2002，72（3）：119-123.

（**英文编辑**：汪源；**编辑**：陈姣；**校对**：王晓宇）

（上接第163页）

1122-1126，1108.

[27] WANG J S，CHEN L Y，FU L L，et al. Effects of moderate and severe intermittent hypoxia on vascular endothelial function and haemodynamic control in sedentary men [J]. Eur J Appl Physiol，2007，100（2）：127-135.

[28] 杨云娟，许雯，杨永芳. 云南省傣族地区35岁及以上居民中心性肥胖的流行现状及其影响因素分析 [J]. 现代预防医学，2014，41（2）：197-199，203.

[29] HOBBINS L，HUNTER S，GAOUA N，et al. Normobaric hypoxic conditioning to maximize weight loss and ameliorate cardio-metabolic health in obese populations：a systematic review [J]. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol，2017，313（3）：R251-R264.

[30] BALYKIN M V，GENING T P，VINOGRADOV S N. Morphological and functional changes in overweight Persons under combined normobaric hypoxia and physical training [J]. Hum Physiol，2004，30（2）：184-191.

[31] 邓潇潇，吴红豫. 低氧减肥的研究及应用 [J]. 福建体育科技，2016，35（2）：17-19，23.

（**英文编辑**：汪源；**编辑**：王晓宇；**校对**：丁瑾瑜）