

## 同步训练序列对体成分及激素反应影响比较的 Meta 分析

<https://doi.org/10.12307/2022.240>吴敏<sup>1</sup>, 张业廷<sup>2</sup>, 王璐<sup>3</sup>, 王军威<sup>4</sup>, 金毓<sup>3</sup>, 单继新<sup>5</sup>, 白冰怡<sup>3</sup>, 袁琼嘉<sup>3</sup>

投稿日期: 2020-12-28

送审日期: 2020-12-30

采用日期: 2021-01-23

在线日期: 2021-07-27

中图分类号:

R459.9; R319; R364

文章编号:

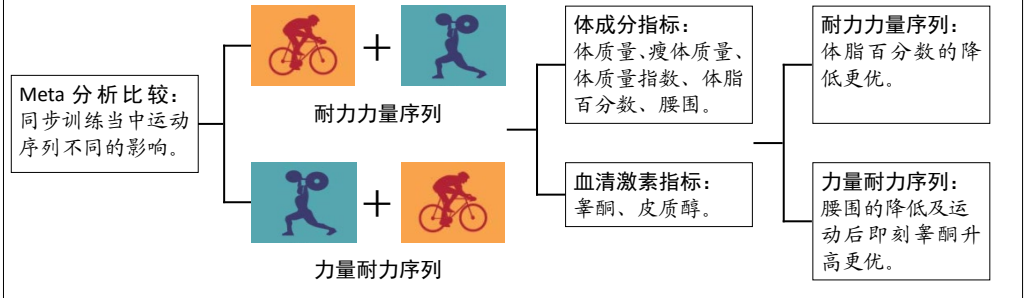
2095-4344(2022)08-01305-08

文献标识码: A

## 文章快速阅读:

通过文献数据库检索文献:

- (1) 英文检索词: different order, Concurrent Train, endurance train, resistance train;
- (2) 中文检索词: 同步训练、组合训练、不同顺序、不同序列、有氧运动、耐力训练、力量训练、抗阻训练;
- (3) 最终纳入文献 19 篇进行综述。



## 文题释义:

**同步训练:** 是指一次训练期间同时进行力量和耐力训练的一种合并训练方法, 这种训练方法在大多数运动项目的训练当中比较流行, 主要用于发展各方面运动能力。

**体成分:** 指在人体总质量中, 不同身体成分的构成比例, 主要包括脂肪和非脂肪成分。脂肪质量占体质量的百分比称体脂率, 内脏、骨骼、肌肉、水分和矿物质等各种成分的质量是去脂体质量又叫瘦体质量。

## 摘要

**目的:** 同步训练能同时提高机体的心肺功能和肌肉力量。系统评价同步训练当中不同序列的耐力和力量训练改善体成分和引起激素反应的对比结果, 为同步训练实践提供科学指导和一定借鉴。

**方法:** 检索Web of Science、PubMed、The Cochrane Library、Science Direct、EBSCOhost、中国知网和万方数据库同步训练中不同序列对体成分和激素影响的相关文献, 纳入体成分和激素两类指标。检索时间均为建库到2020年6月, 对纳入研究使用Cochrane手册风险评估工具进行质量评价, 用RevMan 5.3软件对结局指标进行Meta分析。

**结果:** ①共计19项随机、双盲、对照试验, 共纳入510例受试者。耐力-力量序列训练259例, 力量-耐力序列训练271例。②两组在体质量、瘦体质量、体质量指数百分比变化无显著性差异( $P > 0.05$ ), 但两组在体脂率指标上的百分比变化存在显著性差异( $WMD=0.96$ ,  $95\%CI: 0.29-1.63$ ,  $P < 0.01$ ), 力量-耐力序列更具有优势。腰围百分比变化也存在显著性差异( $WMD=-2.43$ ,  $95\%CI: -3.88-0.97$ ,  $P < 0.01$ ), 耐力-力量序列更具有优势。③体脂百分数的亚组分析结果显示: 无训练背景者、男性、老年人更容易获得这种力量-耐力序列的优势, 并且这种优势在干预后的5-8周时便已出现。④两组在运动前与运动后即刻血清皮质醇百分比变化无显著性差异( $P > 0.05$ ), 而血清睾酮指标存在显著性差异( $WMD=27.37$ ,  $95\%CI: 15.24-39.50$ ,  $P < 0.001$ ), 耐力-力量序列上升更明显。

**结论:** 现有的随机对照试验证实, ①同步训练中采用力量-耐力序列对体脂百分数的降低较耐力-力量序列更显著, 这种优势更多的与无训练背景、男性和老年人因素特别相关, 且在5-8周的短期训练后就可以获得; ②在同步训练当中采用耐力-力量序列对腰围和运动后即刻的睾酮升高的干预较力量-耐力序列具有更好的效果, 因此采用耐力-力量序列对于降低内脏脂肪以及诱导运动后合成代谢都有明显优势。

**关键词:** 不同序列; 同步训练; 耐力运动; 抗阻训练; 力量训练; 体成分; 激素; Meta分析

## Effect of concurrent training sequences on body composition and hormone response: a Meta-analysis

Wu Min<sup>1</sup>, Zhang Yeting<sup>2</sup>, Wang Lu<sup>3</sup>, Wang Junwei<sup>4</sup>, Jin Yu<sup>3</sup>, Shan Jixin<sup>5</sup>, Bai Bingyi<sup>3</sup>, Yuan Qiongjia<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Kinesiology, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China; <sup>2</sup>School of Physical Education, Chengdu University, Chengdu 610106, Sichuan Province, China; <sup>3</sup>School of Sports Medicine and Health, Chengdu Sport University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China; <sup>4</sup>School of Human Movement Sciences, Beijing Sport University, Beijing 100084, China; <sup>5</sup>Sports Hospital Affiliated to Chengdu Sport University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

Wu Min, MD candidate, School of Kinesiology, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China  
**Corresponding author:** Yuan Qiongjia, MD, Professor, Doctoral supervisor, School of Sports Medicine and Health, Chengdu Sport University, Chengdu 610041, Sichuan Province, China

<sup>1</sup>上海体育学院运动科学学院, 上海市 200438; <sup>2</sup>成都大学体育学院, 四川省成都市 610106; <sup>3</sup>成都体育学院运动医学与健康学院, 四川省成都市 610041; <sup>4</sup>北京体育大学运动人体科学学院, 北京市 100084; <sup>5</sup>成都体育学院附属体育医院, 四川省成都市 610041

第一作者: 吴敏, 男, 1996年生, 安徽省安庆市人, 汉族, 上海体育学院2021级在读博士。

通讯作者: 袁琼嘉, 博士, 教授, 博士生导师, 成都体育学院运动医学与健康学院, 四川省成都市 610041

<https://orcid.org/0000-0001-8201-9407> (吴敏)

基金资助: 国家自然科学基金(31900848), 项目负责人: 王璐; 四川省国民体质健康云平台建设项目(18PTDJ), 项目负责人: 袁琼嘉

引用本文: 吴敏, 张业廷, 王璐, 王军威, 金毓, 单继新, 白冰怡, 袁琼嘉. 同步训练序列对体成分及激素反应影响比较的 Meta 分析 [J]. 中国组织工程研究, 2022, 26(8):1305-1312.



Abstract

OBJECTIVE: Concurrent training can concurrently improve the body's cardiorespiratory function and muscle strength. This meta-analysis systematically reviews the comparative results of different sequences of endurance and strength trainings to improve body composition and induce hormone responses, providing scientific guidance and certain reference for current training practice.

METHODS: We searched Web of Science, PubMed, The Cochrane Library, Science Direct, EBSCOhost, CNKI, and WanFang databases for literatures about the effects of different sequences in concurrent training on body composition and hormones. The retrieval time was from the inception of these databases to June 2020. The quality of the included studies was evaluated by Cochrane Handbook risk assessment tool and meta-analysis was performed by RevMan5.3 software.

RESULTS: A total of 19 randomized, double-blind, controlled trials involving 510 subjects were included. There were 259 subjects in endurance-strength (ES) sequence, and 271 subjects in strength-endurance (SE) sequence. There was no significant difference in body mass, lean body mass, and body mass index percentage between ES sequence group and SE sequence group (P > 0.05); however, there was a significant difference in body fat percentage between the two groups (weighted mean difference (WMD)=0.96, 95% confidence interval (CI): 0.29-1.63, P < 0.01), indicating the SE sequence is more advantageous. There was also a significant difference in the percentage of waist circumference (WMD=-2.43, 95% CI: -3.88 to 0.97, P < 0.01), indicating that the ES sequence is more advantageous. The results of body fat percentage subgroup analysis showed that people without training background, men and the elderly were more likely to obtain the advantage of SE sequence, and this advantage appeared 5-8 weeks after the intervention. There was no significant difference in the percentage of serum cortisol between ES and SE before and immediately after exercise (P > 0.05), while there was a significant difference in serum testosterone level (WMD=27.37, 95% CI: 15.24-39.50, P < 0.001), indicating that the ES sequence rises more obviously.

CONCLUSION: The existing randomized controlled trials have confirmed that the reduction of body fat percentage by SE sequence in concurrent training is more significant than that by ES sequence, which is especially related to no training background, men, and the elderly, and can be obtained after 5-8 weeks of short-term training. In concurrent training, ES sequence has a better effect on waist circumference and testosterone level immediately after exercise than SE sequence, so ES sequence has obvious advantages in reducing visceral fat and inducing anabolism after exercise.

Key words: different sequences; concurrent training; endurance exercise; resistance training; strength training; body composition; hormone; Meta-analysis

Funding: the National Natural Science Foundation of China, No. 31900848 (to WL); Establishment of National Physical Health Cloud Platform in Sichuan Province, No. 18PTDJ (to YQJ)

How to cite this article: WU M, ZHANG YT, WANG L, WANG JW, JIN Y, SHAN JX, BAI BY, YUAN QJ. Effect of concurrent training sequences on body composition and hormone response: a Meta-analysis. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu. 2022;26(8):1305-1312.

0 背景 Background

同步训练是指一次训练期间同时进行力量和耐力训练的一种合并训练方法,这种训练方法在大多数运动项目的训练当中比较流行,主要用于发展各方面运动能力。在大多数专业运动中运动员想要取得出色的成绩,这就对运动员肌肉力量和耐力素质提出了一定要求[1]。HICKSON[2]于1980年首次报道了无训练背景的男性在同步训练的前7周力量出现增加,而后出现平台期并有所下降,他认为是耐力训练抑制了肌肉力量的增加将其称为“干扰效应”。另外一些学者发现在同步训练当中较单独进行力量训练相比肌肉的力量、爆发力出现下降[3-4],然而它却增加了肌肉生长,并且与单独进行耐力训练相比较对于有氧耐力能力有显著提高。

还有一些研究发现的结果却不同, REED等[5]研究表明耐力运动后可能会影响到下肢力量表现,但对于躯干、上肢力量没有影响。有研究表明同步训练仅增加了肌肉力量,也有研究发现同步训练能在增加肌肉力量的同时增加有氧耐力[6-8]。SHIOTSU等[9]发现同步训练序列对体成分没有影响,而ALVES等[10]发现同步训练中耐力-力量序列对体脂率影响更明显。产生以上研究结果不一致的原因很可能是由于一些因素的差异导致[11-12],如训练方案、恢复时间的长短、受试者特征及同步训练中不同序列等因素造成的结果。

体成分指在人体总质量中不同身体成分的构成比例[13],主要包括脂肪成分和非脂肪成分两大类。脂肪质量占体质量的百分比称体脂率,内脏、骨骼、肌肉、水分及矿物质等各种成分的质量是去脂体

质量又叫瘦体质量。体质量指数是用体质量除以身高的平方(kg/m²)得出的[14]。

当体质量指数≥25 kg/m²被定义为超重,体质量指数≥30 kg/m²被定义为肥胖,体质量指数与肥胖相关的慢性病之间有良好的相关性以及预测作用。尽管体质量指数反映了超重和肥胖,但是它忽略了身体脂肪的分布,内脏脂肪在组织代谢上比皮下脂肪更加的活跃,分泌更多的激素和细胞因子[15]。通过腰围的测量来评估内脏脂肪含量是一种相对比较简单的方法[16]。皮质醇和睾酮结合在一起,分别表明身体的分解代谢与合成代谢平衡[17]。在网球比赛中,胜利者和失败者之间的差异也体现在平均睾酮水平从赛前到赛后的上升[18]。在摔跤运动员中,赛前到赛后血清睾酮和皮质醇浓度的变化是比赛成功的指标[19]。

同步训练能同时提高机体的心肺功能和肌肉力量[2,6-7],但究竟哪一种组合序列会对体成分及运动后激素水平影响更明显目前国内外的文献数量较少,仅存的文献中又都是小样本量的研究,类似的同步训练Meta分析文章仅1篇涉及到关于体脂率的研究内容,只纳入少量的6项研究[20]。

因此,文章系统收集了目前国内外有关同步训练比较的研究,经严格筛选后纳入质量较高的文章,对数据进行合并效应分析,比较同步训练中序列对体成分和激素干预效果,为运动员及患者的康复训练方案提供更多的循证医学证据。

1 资料和方法 Data and methods

1.1 文献检索

1.1.1 检索者 由吴敏和张业廷2位研究

员根据检索词与数据库进行文献收集。

1.1.2 资料库 Web of Science、PubMed、The Cochrane Library、Science Direct、中国知网和万方数据库。

1.1.3 检索词 中文检索词:“同步训练、组合训练、不同顺序、不同序列、有氧运动、耐力训练、力量训练、抗阻训练”;英文检索词:“different order, Concurrent Train, endurance train, resistance train”。

1.1.4 检索时间范围 从各数据库建库至2020年6月。

1.1.5 文献检索策略 见图1。

Table with 2 main sections: PubMed 数据库检索策略 and 中文数据库检索策略. Each section lists 12 numbered search strategies for different training sequences and combinations.

图1 | 中英文数据库检索策略图

Figure 1 | Search strategies for Chinese and English databases

## 1.2 纳入与排除标准

**1.2.1 纳入标准** ①研究设计：随机对照试验；②研究对象：在试验前各方面身体形态指标无显著性差异并且近几年未服用过影响体成分和激素水平的药物；③干预措施：由于文章直接比较了不同序列，因此直接纳入干预措施中具有耐力合并力量的训练组 (ES 组) 以及力量合并耐力的训练组 (SE 组)，未纳入对照组或单独训练模式组别的对比结果；④体成分指标：体质量、瘦体质量、体脂率、体质量指数、腰围及激素指标 (包括皮质醇和睾酮)。

**1.2.2 排除标准** ①系统综述类、Meta 分析类文章；②数据重复发表的文献、质量比较低的文献；③体成分指标：运动周期低于 4 周；运动频率小于 2 次/周的文献；④激素指标：非运动后即刻激素水平的研究；受试者训练背景低于 3 个月；考虑昼夜节律对激素范围的影响排除上午 8:00-10:30 以外的测试和采血时间<sup>[21-22]</sup>。

**1.3 数据提取** 通过 EndNote X9 软件对文献排重后，由另外 2 名研究员根据纳入和排除标准对文献进行评判并提取信息，并提取作者和文献发表年份、受试者的性别、年龄、样本量、训练背景、耐力训练和力量训练的干预措施，体成分指标提取运动干预的周期、频率和时间 (激素指标由于是单次运动前后的对比则提取测试流程) 和结局指标。Excel 软件提取同步训练中的不同序列分别使结局指标产生的百分比变化数据。最后将两份信息和数据进行对比，若纳入结果出现分歧由第 3 位研究员决定是否纳入。

**1.4 文献质量评价** 通过 Cochrane 协作网 (<https://www.cochranelibrary.com>) 提供的 RevMan 5.3 软件中的 Cochrane 风险偏倚评估工具及改良 Jadad 评分量表对纳入文献进行方法学质量评价<sup>[23]</sup>，包括：随机序列的生成、分配序列的隐藏、受试者与实施者是否盲法、结果的测量者是否盲法、结果数据完整性、选择性报告以及其他风险 7 个方面，依据评价标准对文献做出高、低、不确定 3 种质量结果的判断。

改良 Jadad 评分量表主要内容：随机序列的产生恰当为 2 分，不清楚为 1 分，不恰当为 0 分；随机化隐藏恰当为 2 分，不清楚为 1 分，不恰当及未使用为 0 分；盲法恰当为 2 分，不清楚为 1 分，不恰当为 0 分；描述了撤出与失访为 1 分，未描述为 0 分。分为低质量研究 (1-3 分) 与高质量研究 (4-7 分)。

**1.5 结局指标** 基线指标主要包括年龄、性别、训练背景和训练周期；主要结局指标为体脂率；次要结局指标为体质量、瘦体质量、体质量指数、腰围、睾酮和皮质醇。

**1.6 统计学分析** 采用 RevMan 5.3 软件进行统计学分析，纳入的研究指标体质量、瘦体质量、体质量指数、体脂率、腰围、皮质醇和睾酮的测量方法和单位相同。纳入研究数据均为连续性数据，数据分析采用连续型变量运算，结果以加权均数差 (weighted mean difference, WMD) 及 95% 置信区间 (95%CI) 为效应尺度进行合并效应量，单位为干预前后结局指标的百分比变化 (change%)。采用  $P$  值和  $I^2$  值对结果的异质性进行检验，若  $P \geq 0.1$  及  $I^2 < 50\%$  说明纳入研究的异质性较小，故采用固定效应模型；反之，则采用随机效应模型。对文献数量相对较多的体脂率数据进行亚组分析，文章通过敏感性分析逐一排除每篇研究，对异质性来源进行描述性分析并观察结果是否发生显著改变，采用漏斗图来检测是否存在发表偏倚。

## 2 结果 Results

**2.1 文献检索结果** 通过各大数据库的检索共收集文献 2 179 篇，最后纳入 19 篇文献进行结果分析<sup>[3, 8-10, 24-38]</sup>，见图 2。

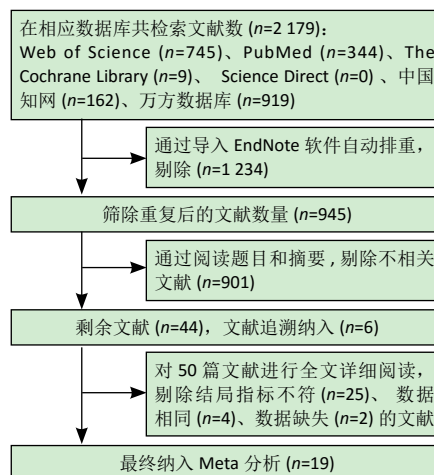


图 2 | 文献筛选流程图

Figure 2 | Flowchart of literature retrieval

**2.2 纳入文献基本特征和质量评估结果** 此 19 篇文献的基本特征见表 1, 2, 对 19 篇文献进行了 7 个方面的偏倚风险评估，结果见图 3, 4。根据改良 Jadad 评分仅 3 篇文献高质量研究<sup>[32, 36, 38]</sup>。

为了方便接下来的研究，文章将所有“耐力-力量训练序列”统称为“ES”，将“力量-耐力训练序列”统称为“SE”。Meta 分析共纳入 510 例受试者，ES 组 259 例，SE 组 271 例。有 2 项研究在激素指标的测量中分别共用了 10 名受试者<sup>[34, 36]</sup>，仅中间休息了 7 d 和 5 d 使得测试时间不同。因此，总受试者小于 2 组例数之和。纳入文献中对于不同序列的耐力和力量同步训练分组命名有：MOHAMMAD 等<sup>[28]</sup> 的

ES (耐力合并力量) 和 SE (力量合并耐力)、SHEIKHOLESLAMI 等<sup>[30]</sup> 的 CER (同步训练中耐力合并力量) 和 CRE (同步训练中力量合并耐力)、SHIOTSU 等<sup>[31]</sup> 的 AR (有氧合并力量) 和 RA (力量合并有氧) 和 ROSA 等<sup>[37]</sup> 的 CT1 (同步训练方案 1) 和 CT2 (同步训练方案 2) 等。

## 2.3 Meta 分析结果

**2.3.1 各组体质量的合并效应结果差异** 纳入的 10 篇文献中<sup>[3, 9, 24, 26-31, 33]</sup>，SHIOTSU 等<sup>[9]</sup> 描述了 2 种不同训练强度，最终纳入 11 组 ES 和 SE 对体质量百分比变化比较的效应量数据，见图 5。异质性检验的结果显示，各研究间存在异质性 ( $P=0.005$ ,  $I^2=60\%$ )，采用敏感性分析剔除 1 篇文献后异质性消失但显著性差异结果没有发生改变<sup>[26]</sup>，可能是由于该研究的耐力训练方案设计为有氧舞蹈训练造成，但最终结果仍然稳定可靠。如图 5 所示，ES 与 SE 干预前后的体质量百分比变化 (%change) 差异无显著性意义 ( $WMD=-0.35$ ,  $95\%CI: -2.28-1.58$ ,  $P>0.05$ )。

**2.3.2 两组瘦体质量的合并效应结果差异** 共有 8 篇不同序列同步训练对瘦体质量的干预研究<sup>[8-9, 25-27, 30-31, 33]</sup>，SHIOTSU 等<sup>[9]</sup> 纳入了 2 种不同训练强度，EKLUND 等<sup>[25]</sup> 纳入了不同性别。因此，瘦体质量变化的 Meta 分析最终纳入了 10 组百分比变化比较的效应量数据，见图 6。异质性检验的结果显示，各研究间不存在异质性 ( $P=0.81$ ,  $I^2=0\%$ )，故采用固定效应模型进行分析。合并效应量的结果显示：ES 与 SE 的瘦体质量干预前后百分比变化 (%change) 无显著性差异 ( $WMD=-0.01$ ,  $95\%CI: -0.59-0.57$ ,  $P>0.05$ )。因此，在同步训练当中 ES 和 SE 之间可能不具有序列上的差异。

**2.3.3 两组体脂率的合并效应结果差异** 纳入的 12 篇文献中<sup>[3, 8-10, 24, 26-31, 33]</sup>，SHIOTSU 等<sup>[9]</sup> 纳入了 2 种不同训练强度。因此，Meta 分析最终纳入了 13 组干预前后的百分比变化的效应量数据。异质性检验的结果显示，各研究间不存在异质性 ( $P=0.84$ ,  $I^2=0\%$ )，故选择固定效应模型分析。如图 7 所示，ES 与 SE 干预前后，体脂率的百分比变化 (%change) 存在显著性差异 ( $WMD=0.96$ ,  $95\%CI: 0.29-1.63$ ,  $P<0.01$ )。因此，对于在同步训练中降低体脂率选择 SE 更具有优势。

**2.3.4 体脂率的亚组分析结果** ES 与 SE 的不同可能会受到其他复杂干扰因素的影响。因此，研究继续从训练背景、训练周期、性别、年龄等因素角度进一步对 12 篇含体脂率指标的文献进行亚组分析<sup>[3, 8-10, 24, 26-31, 33]</sup>，见表 3。

表 1 | 与体成分相关的纳入文献基本特征

Table 1 | Basic characteristics of the included literature related to body composition

第一作者及发表年	性别和平 均年龄	样本量 (ES/SE, n)	训练背景	耐力练习形式及负荷	力量练习动作及负荷: 组 × 个数 + 组间间歇时间 (强度)	运动持续周期、 频率和时间	结局指 标
ALVES <sup>[10]</sup> , 2017	女; 11岁	16/24	无训练	20 min 的折返跑; 70%–80%MAV	抛 1 kg 和 3 kg 药球 2×8; 2×(4–5) 跳箱和跨栏; (2–3)×20 m; (2–3)×20 m 跑	8 周; 每周 2 次;	③④
CADORE <sup>[24]</sup> , 2011	男; 65岁	13/13	无训练	功率自行车; 80%HRVT 20 min→85%– 90%HRVT 25 min→100%HRVT 4 min 6 次 +60 s 间歇	卧推、腿部推举、坐姿划船、膝屈伸、背起、腿弯举、 二头弯举、腹部训练; (2–3) 组 ×(6–20)RM+90–120 s	12 周; 每周 3 次; 60 min	①③
CHTARA <sup>[3]</sup> , 2008	男; 21岁	10/10	体育专业 学生	四 五 组 深 蹲 跳 8–10 次、跨 栏 跳 16–30 次、单腿跳 20–48 m 单腿象限 跳 20–48 m	自重 (单腿半蹲、臀桥、背起、箭步蹲、腹部训练) 二头弯举; 四五组 ×(16–32) 次 (弯举 5–10 kg)	12 周; 每周 2 次;	①③
*EKLUND <sup>[25]</sup> , 2016	女; 29岁	17/15	无训练	功率自行车; 1–7 周与 13–16 周: 有氧阈 HR 的 30–50 min, 8–12 周: 10–15 min 有氧阈 HR+5 min 无氧阈 HR+(10–15) min 有氧阈 HR	腿推举、坐姿腿弯举、坐姿腿屈伸; 上肢采用哑 铃和滑轮躯干采用自重和机器训练; (2–5)×(8–20) 次, 60%–85%1RM→(2–5) 组 ×(8–12) 次, (80%– 85%)1RM+(60–120)s→2–5 组 ×(3–5) 次, (85%– 95%)1RM+(180–240) s	24 周; 前 12 周 每周 2 次; 后 12 周每 2 周 5 次; 80–90 min	②
*EKLUND <sup>[25]</sup> , 2016	男; 29岁	17/18	无训练	同上	同上	同上	②
KARATRANTOU <sup>[26]</sup> , 2016	女; 47岁	18/18	无训练	主要肌肉群的低强度有氧舞蹈动作; 64%–85%MHR; 18–30 min	自重 (弓箭步蹲、俯卧撑、双杠臂屈伸、卷腹); (2–4) 组 ×(5–15) RM+(40–90) s	12 周; 每周 3 次; 45–65 min	①②③
MOGHADAM <sup>[27]</sup> , 2020	男; 64岁	10/10	无训练	功率自行车; 55%–70%MHR; 15–30 min	固定器械 (卧推、腿伸展、腿弯举、器械飞鸟、高位 下拉、卷腹); 两 三 组 ×(8–16) 次 +(120–180) s[(40%– 75%)1RM]	8 周; 每周 3 次; 30–60 min	①②③ ④
MOHAMMAD <sup>[28]</sup> , 2018	女; 60岁	9/10	无训练	功率自行车; 60%–88%MHR; 16–30 min	卧推、腿部推举、高位下拉、二头弯举、三头臂屈伸; 两 三 组 ×(8–18) 次 +60 s[(40%–75%)1RM]	8 周; 每周 3 次; 70 min	①②③ ④
MCGAWLEY <sup>[8]</sup> , 2013	男; 23岁	9/9	足球运动 员	足球专项耐力; 90%–95%MHR; 30 min	周二下肢背部核心; 周四下肢胸部核心; 周五弹跳和 核心; (2–3) 组 ×(5–10) 次 +(60–90) s[(75%–90%)1RM]	5 周; 每周 3 次; 65 min	②③
OKOMOTO <sup>[29]</sup> , 2007	男 + 女; 19岁	11/11	无训练	跑步; 60% 目标心率; 20 min	卧推、臂弯举、坐姿划船、肩部推举、腿屈伸、腿弯 举、卷腹 5 组 ×(8–10) 次 +120 s(80%1RM)	8 周; 每周 2 次	①③④
SHEIKHOESLAMI <sup>[30]</sup> , 2015	男; 23岁	10/10	无训练	跑步; 70%–75%MHR; 10 min→80% MHR 21.5 min	坐姿腿屈伸、卧姿腿弯举、肱三头肌下压、卧推、高 位下拉; 3 组 ×8 次 +(120–180) s(80%1RM)	8 周; 每周 3 次; 60–70 min	①②③ ④
SHIOTSU <sup>[31]</sup> , 2018	男; 70岁	16/16	无训练	功率自行车; 50–55 r/min, 60%HRR; 20 m/min	固定器械 (腿部弯举、腿部推举、卧推、坐姿划船、 肩部推举); 3 组 ×(8–12) 次 +60 s[(70%–80%)1RM]	10 周; 每周 2 次; 40 min	①②③ ④⑤
SHIOTSU <sup>[9](L)</sup> , 2018	女; 69岁	12/12	无训练	功率自行车; 50–55 r/min, 60%HRR; 20 m/min	固定器械 (腿部弯举、腿部推举、卧推、坐姿划船、 肩部推举); 3 组 ×(10–15) 次 +60 s[(40%–50%)1RM]	10 周; 每周 2 次; 40 min	①②③ ④⑤
SHIOTSU <sup>[9](M)</sup> , 2018	女; 69岁	12/11	无训练	功率自行车; 50–55 r/min, 60%HRR; 20 m/min	固定器械 (腿部弯举、腿部推举、胸部卧推、坐姿划船、 肩部推举); 3 组 ×(8–12) 次 +60 s[(60%–70%)1RM]	10 周; 每周 2 次; 40 min	①②③ ④⑤
王焱 <sup>[32]</sup> , 2014	男; 50岁	24/24	无训练	跑步; 120 HR/min; 45 min	仰卧起坐、两头起 30 s+90 s 间歇; 交替进行 15 min	12 周; 每周 7 次; 60 min	④⑤
王玕芳 <sup>[33]</sup> , 2015	男; 21岁	8/8	4 年田径 专项训练	跑步; 60%–75%MHR; 25–30 min	卧推、半蹲、背起、引体、30–45 个仰卧起坐; (2–3) 组 ×(8–12) 个 +(120–160) s[(60%–80%)1RM]	8 周; 每周 3 次; 60 min	①②③ ④⑤

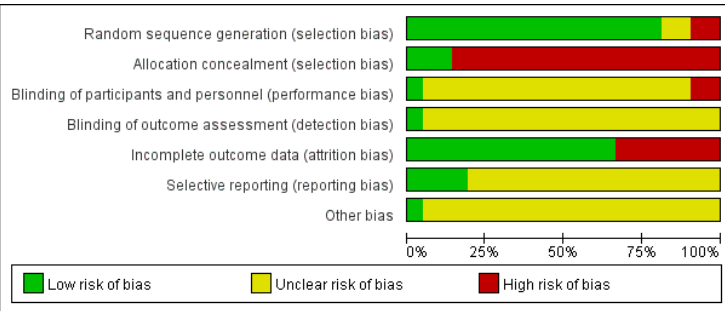
表注: ES 表示耐力 - 力量序列, SE 表示力量 - 耐力序列; →: 表示从一种强度过渡到另一种强度; MAV 为最大个体有氧氧量; HRVT: 相当于第二通气阈值的心率; 1RM 为重复 1 次的最大肌肉力量; HR 为心率; MHR 为最大心率, 目标心率计算式为 [(220- 年龄) - 静息心率] × 0.6 + 静息心率; HRR 为心率储备; L, M 为同一文献中低、中两种强度; \* 为同一文献中女性、男性不同性别研究; ① 体质量; ② 瘦体质量; ③ 体脂率; ④ 体质量指数; ⑤ 腰围

表 2 | 与运动后即刻激素水平相关的纳入文献基本特征

Table 2 | Basic characteristics of the included literature related to hormone levels immediately after exercise

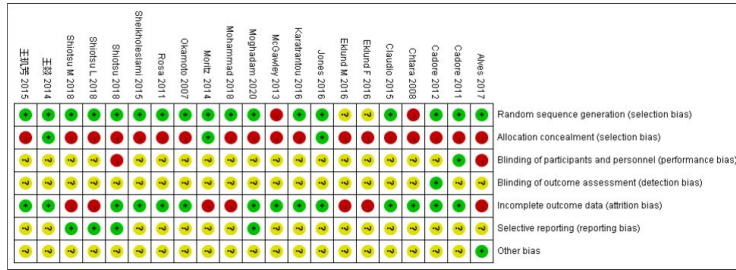
纳入研究及 发表年份	性别和平 均年龄	样本量	训练背景	耐力练习形式及负荷	力量训练动作及负荷: 组 × 个数 + 组间间歇时间 (强度)	测试顺序	结局指 标
CADORE <sup>[34]</sup> , 2012	男; 24岁	10	每周 4–6 次的力 量训练; 至少 3 个月	功率自行车; 75%MHR; 30 min	卧推、高位下拉、下蹲、膝屈伸; 3 组 ×8 次 +90 s(75%1RM)	采血 E+S 采血 → 休息 7 d → 采血 S+E 采血	⑥⑦
CLAUDIO <sup>[35]</sup> , 2015	男; 25岁	7/7	每周至少 3 次同 期训练; 至少 12 个月	跑步机; 2 min; 2 mmol/L 血乳酸强度 +1 min 4 mmol/L 血乳酸强度; 32 min	下蹲、卧推、腿部推举、高位下拉、30 个卷腹、背起; 3 组 ×10 次 +60 s(70%1RM)	ES 组和 SE 组分别在运 动干预前后采血	⑥⑦
MORITZ <sup>[36]</sup> , 2014	男; 30岁	12/17	6 个月系统训练	功率自行车; 70 r/min, 65% 个体最大有氧功率; 30 min	推腿机: (1)3 组 ×10 次 +180 s, 40%1RM; (2)1 组 ×3 次 75%1RM 和 3 组 ×3 次 90%1RM+180 s; (3)1 组 ×10 次 75%1RM 和 3 组 ×10 次 +180 s(80%–85%)1RM	对 ES 组和 SE 组运动 干预前后采血	⑥⑦
ROSA <sup>[37]</sup> , 2011	未描述性 别; 27岁	10	每周 3 次; 至少 进行了 6 个月	室内自行车; OMNI 量表的 5–7 分, 满分 10 分; 40 min	坐姿划船、腿部推举、平板卧推、腿屈伸、臂屈伸、腿弯举、 臂弯举; 3 组 × 力竭 +(120–180) s(85%1RM)	采血 E+S 采血 → 休息 5 d → 采血 S+E 采血	⑥
JONES <sup>[38]</sup> , 2016	男; 24岁	8/8	2 年的力量训练	跑步; 70%MHR; 30 min	后蹲、卧推、俯身划船、杠铃推举、硬拉; 5 组 ×6 次 +120 s(80%1RM)	ES 组和 SE 组分别在运 动干预前后采血	⑥⑦

表注: ES 表示耐力 - 力量序列, SE 表示力量 - 耐力序列; MHR 为最大心率; 1RM 为重复 1 次的最大肌肉力量; S 为力量训练; E 为耐力训练; CT 为同步训练; ⑥ 皮质醇; ⑦ 睾酮



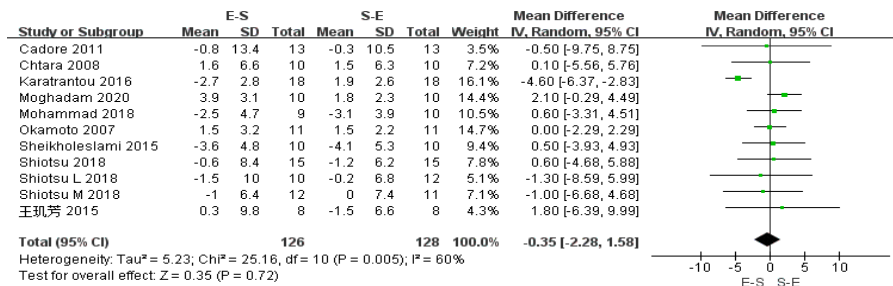
图注：绿色区域为低偏倚风险，黄色区域为偏倚风险不确定，红色区域为高偏倚风险  
图 3 | 纳入文献质量评估结果占比图

Figure 3 | Percentage of the included literature with quality assessment



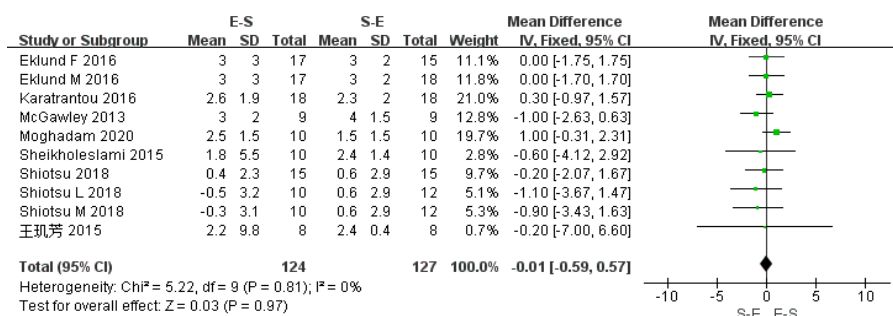
图注：绿色小球为低偏倚风险，黄色小球为偏倚风险不确定，红色小球为高偏倚风险；图中作者名字后的字母“L”“M”分别表示同一文献中的不同低、中2种强度的研究；“F”“M”分别表示同一文献中男性与女性不同性别的研究  
图 4 | 纳入文献质量评估结果示意图

Figure 4 | Schematic diagram of the quality assessment of the included literature



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95%可信区间单位均为体质量训练干预前后的百分比变化(%change)；图中作者名后的字母“L”“M”分别表示同一文献中的低、中强度的研究；ES表示耐力-力量序列，SE表示力量-耐力序列  
图 5 | 不同训练序列对体质量影响比较的 Meta 分析森林图

Figure 5 | Forest plot comparing the effects of different training sequences on body mass through the Meta-analysis



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95%可信区间单位均为瘦体质量训练干预前后的百分比变化(%change)；图中作者名后的字母“L”“M”分别表示同一文献中低、中强度的研究；“F”“M”分别表示同一文献中男性与女性不同性别的研究；ES表示耐力-力量序列，SE表示力量-耐力序列。  
图 6 | 不同训练序列对瘦体质量影响比较的 Meta 分析森林图

Figure 6 | Forest plot comparing the effects of different training sequences on lean body mass through the Metal-analysis

在亚组分析的训练背景当中 3 篇纳入研究的受试者具有一定年限的训练背景<sup>[3, 8, 33]</sup>，其中 2 篇研究的受试者是体育专业学生<sup>[3, 33]</sup>，1 篇研究的受试者是半职业和职业足球运动员<sup>[8]</sup>。纳入的研究中有 1 篇训练周期为 5 周<sup>[8]</sup>；6 篇为 8 周<sup>[10, 27-30, 33]</sup>；2 篇为 10 周<sup>[9, 31]</sup>；4 篇为 12 周<sup>[3, 24, 26, 32]</sup>。在对纳入的 12 篇文献进行性别因素的亚组分析时，剔除了 1 项受试者分组为男女混合的研究<sup>[29]</sup>。

亚组分析结果表明：无训练背景的受试者同步训练中降低体脂率采用 SE 更佳 ( $P < 0.01$ )。无论是 5-8 周还是 10-24 周的同步训练均具有不同序列的显著性差异 ( $P < 0.05$ )，表明短期的同步训练中 SE 已经具有优势。性别和年龄的分析显示，SE 的优势可能更多地存在于男性中 ( $P < 0.01$ )，女性受试者无显著性差异 ( $P > 0.05$ )，老年群体可能更具有优势 ( $P < 0.01$ )。

2.3.5 各组体质量指数的合并效应结果差异 纳入的 9 篇文献中<sup>[9-10, 27-33]</sup>，SHIOTSU 等<sup>[9]</sup>有 2 种不同训练强度。因此，Meta 分析最终纳入 10 组效应量数据合并分析。异质性检验的结果显示，各研究间不存在异质性 ( $P=0.95$ ,  $I^2=0%$ )，故采用固定效应模型。合并效应量的结果显示：ES 与 SE 干预前后的体质量指数百分比变化(%change)不存在显著性差异 ( $WMD=0.42$ ,  $95%CI: -0.27-1.10$ ,  $P > 0.05$ )，见图 8。因此，体质量指数不受不同序列的干预影响。

2.3.6 各组腰围的合并效应结果差异 纳入的 5 篇文献中<sup>[9, 27, 31-33]</sup>，SHIOTSU 等<sup>[9]</sup>被分割成了 2 组数据，最终纳入 6 组效应量数据合并分析。异质性检验结果显示，各研究之间不存在异质性 ( $P=0.14$ ,  $I^2=40%$ )，故采用固定效应模型。合并效应量的结果显示：ES 与 SE 干预前后腰围的百分比变化(%change)存在显著性差异 ( $WMD=-2.43$ ,  $95%CI: -3.88-0.97$ ,  $P < 0.01$ )，见图 9。因此，对于减小腰围在同步训练中更推荐采用 ES 的方式。

2.3.7 各组激素反应的合并效应结果差异 血清皮质醇：对纳入的 5 项研究进行异质性检验<sup>[34-37]</sup>，结果显示各研究之间不存在异质性 ( $P=0.20$ ,  $I^2=33%$ )，故采用固定效应模型进行分析。合并效应量的结果显示：ES 与 SE 的运动前与运动后即刻皮质醇百分比变化(%change)无显著性差异 ( $WMD=5.73$ ,  $95%CI: -2.29-13.75$ ,  $P > 0.05$ )，见图 10。

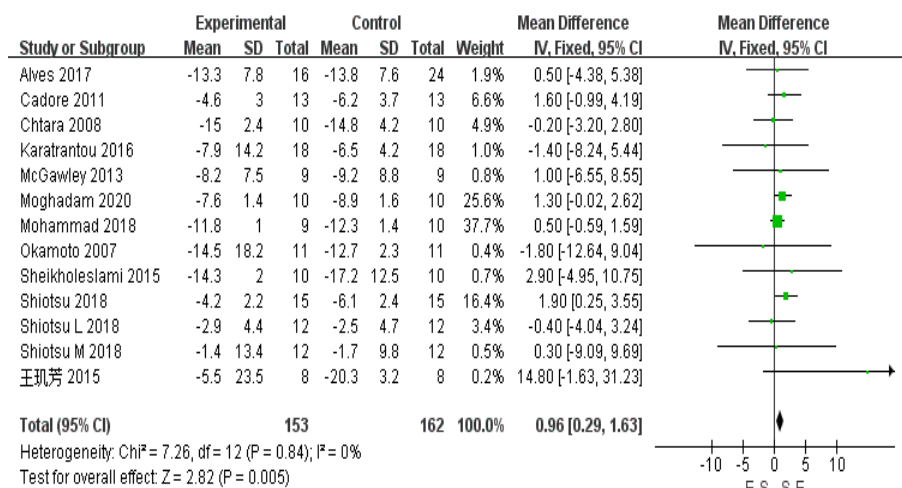
血清睾酮：对纳入的 4 项研究进行异质性检验<sup>[34-36, 38]</sup>，结果显示各研究之间不存在异质性 ( $P=0.48$ ,  $I^2=0%$ )，故采用固定效应模型进行分析。合并效应量的结果显示：ES 与 SE 的运动前与运动后即刻

表 3 | 不同训练序列对体脂率影响比较的亚组分析

Table 3 | Subgroup analysis comparing the effect of different training sequences on body fat percentage

潜在影响因素	亚组	文献	WMD(95%CI)	异质性
训练背景	无*	[9-10, 24, 26-31]	1.00(0.31-1.68)	$I^2=0\%$ , $P=0.005$
	有	[3, 8, 33]	0.38(-2.37-3.31)	$I^2=36\%$ , $P=0.79$
训练周期	<9周	[8, 10, 28-30, 33]	0.86(0.05-1.67)	$I^2=0\%$ , $P=0.04$
	≥9周*	[3, 9, 24, 26, 31]	1.20(0.05-2.36)	$I^2=0\%$ , $P=0.04$
性别	女*	[9-10, 26]	0.39(-0.61-1.39)	$I^2=0\%$ , $P=0.45$
	男	[3, 8, 24, 27-28, 30-31, 33]	1.44(0.54-2.33)	$I^2=0\%$ , $P=0.002$
年龄	<50岁*	[3, 8, 10, 26, 29-30, 34]	0.42(-1.76-2.59)	$I^2=0\%$ , $P=0.71$
	≥50岁	[9, 24, 27-28, 31]	1.41(0.49-2.33)	$I^2=0\%$ , $P=0.003$

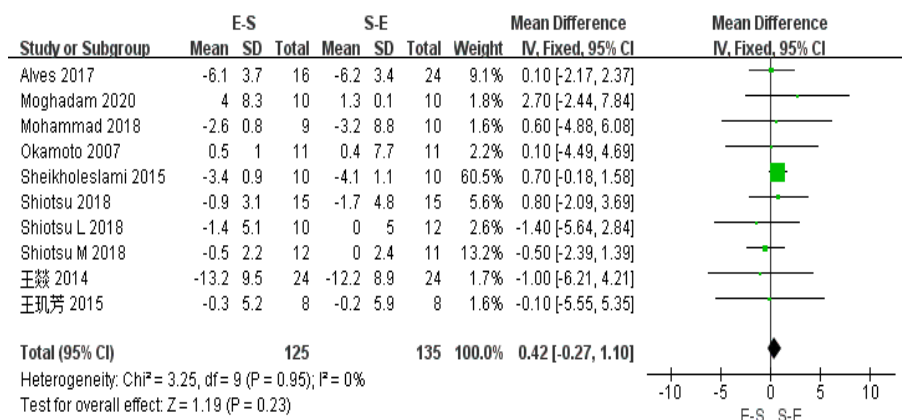
表注：表中加权均数差、95%CI 的单位均为体脂率训练干预前后的百分比变化(%change)；表中“\*”表示同一文献中低、中强度的研究，故实际文献数量应该剔除 1 篇；ES 表示耐力-力量序列，SE 表示力量-耐力序列



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95% 可信区间单位均为体脂率训练干预前后的百分比变化(%change)；图中作者名后的字母“L”“M”分别表示同一文献中低、中强度的研究；ES) 表示耐力-力量序列，SE 表示力量-耐力序列

图 7 | 不同训练序列对体脂率影响比较的 Meta 分析森林图

Figure 7 | Forest plot comparing the influence of different training sequences on body fat percentage through the Meta-analysis



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95% 可信区间单位均为体质量指数训练干预前后的百分比变化(%change)；图中作者名后的字母“L”“M”分别表示同一文献中低、中强度的研究

图 8 | 不同训练序列对体质量指数影响比较的 Meta 分析森林图

Figure 8 | Forest plot comparing the effect of different training sequences on body mass index through the Meta-analysis

睾酮百分比变化(%change)存在显著性差异(WMD=27.37, 95%CI: 15.24-39.50,  $P < 0.001$ )。运动前与运动后即刻睾酮的升高变化在 ES 下升高得更明显, 见图 11。

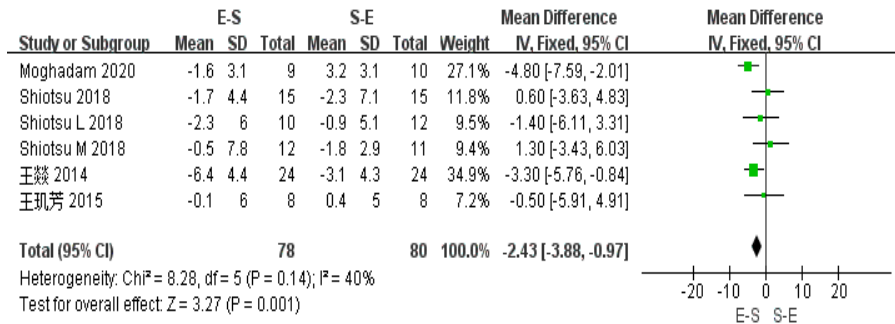
2.4 发表偏倚 选择体脂率指标的漏斗图分析潜在的发表偏倚, 见图 12。结果表明 3 篇文献可能存在发表偏倚<sup>[26, 29, 33]</sup>, 对文献进行分析后主要考虑可能是受训人群中 1 篇是体育专业学生<sup>[34]</sup>, 力量训练内容难度更大, 包括了引体向上这种高难度动作。有 1 项研究的群体为男女混合组<sup>[29]</sup>, 另 1 项研究的有氧耐力方案区别于其他研究采用有氧舞蹈的形式<sup>[26]</sup>。

### 3 讨论 Discussion

3.1 研究结果分析 与文章类似的一篇 Meta 分析同样探讨了体脂率<sup>[20]</sup>, 但该研究仅纳入 6 篇文献, 6 篇文献中 2 篇没有涉及体脂率指标<sup>[25, 39]</sup>, 因此结果有待扩充。大量研究表明, 同步训练可同时提高肌肉力量和心肺功能<sup>[2-3, 6-7, 40-41]</sup>, 仅进行耐力训练无法使力量增加, 仅阻力训练对心肺能力影响不显著<sup>[42-44]</sup>。同时, 同步训练对优化体成分组成是有益的<sup>[10]</sup>。

文章结果发现, 综合各种训练内容、受试者背景、年龄及训练周期等各种干扰因素同步训练中采用 SE 对腰围的降低及运动后即刻睾酮的提升更明显, 而采用 ES 对体脂率的降低更有优势。SE 造成了更多的体脂降低可能是与直接的热量消耗、基础代谢率的急性残留增高造成了运动后的脂肪氧化更大相关<sup>[45]</sup>。另外, 力量训练比有氧训练更能刺激睾酮的增加, 这可能与无氧糖酵解途径严重影响睾酮增加有关<sup>[46-48]</sup>。推测同步训练 SE 中由于力量训练需要跨过耐力训练, 可能造成这种影响的削弱。腰围的大小较体脂率相比, 更多地反映了一种中心型的肥胖同时也反映内脏脂肪含量<sup>[15]</sup>, 较大的腰围容易造成内脏负担加重。有研究表明睾酮水平增加脂肪含量没有变化<sup>[49]</sup>, 但内脏脂肪含量减少。有动物实验研究表明睾酮通过抑制内脏脂肪中脂肪生成基因造成内脏脂肪减少<sup>[50]</sup>。同步训练中存在各种复杂干扰因素<sup>[11-12]</sup>, 这些因素为同步训练当中, 不同序列产生不同影响结果的机制研究带来了较大难题<sup>[51]</sup>。

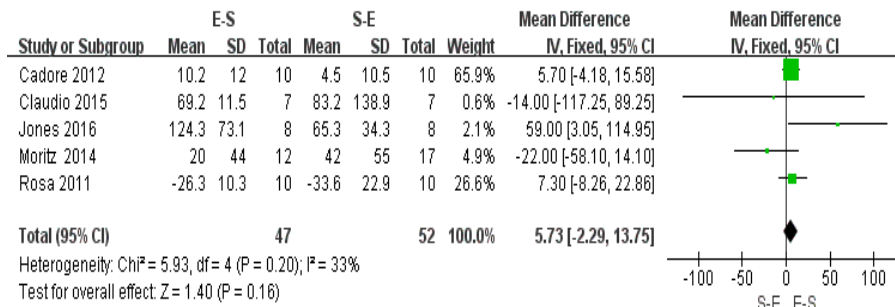
3.2 文章局限性 该 Meta 分析纳入文献经过严格筛选和排除, 但仍存在一定的局限性: ①由于受试者特征、训练方案的差异性, 导致部分数据存在明显异质性, 结果可能存在偏倚。②对于体脂率的运动负荷并没有进行亚组分析, 主要是由于研究中训练内容和形式都具有一定差异性。③对于应激激素的研究由于纳入文献较少, 可



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95%可信区间单位均为腰围训练干预前后的百分比变化(%change)；图中作者名字的字“L”“M”分别表示同一文献中低、中强度的研究；ES表示耐力-力量序列，SE表示力量-耐力序列

图9 | 不同训练序列对腰围影响比较的 Meta 分析森林图

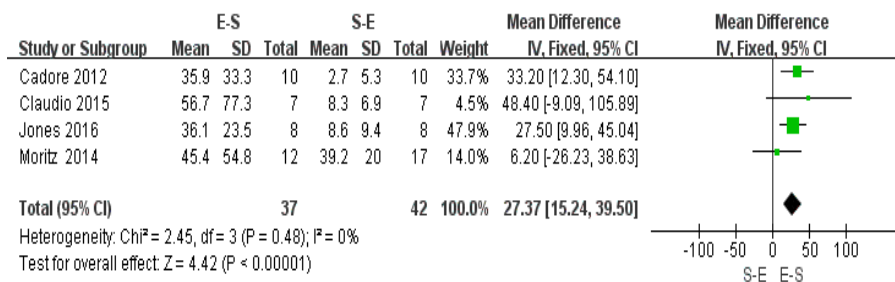
Figure 9 | Forest plot comparing the influence of different training sequences on waist circumference through the Meta-analysis



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95%可信区间单位均为皮质醇训练干预前和干预后即刻的百分比变化(%change)；ES表示耐力-力量序列，SE表示力量-耐力序列

图10 | 不同训练序列对皮质醇影响比较的 Meta 分析森林图

Figure 10 | Forest plot comparing the effects of different training sequences on cortisol level through the Meta-analysis



图注：图中均值、标准差、加权均数差、95%可信区间的单位均为睾酮训练干预前和干预后即刻的百分比变化(%change)；ES表示耐力-力量序列，SE表示力量-耐力序列

图11 | 不同训练序列对睾酮影响比较的 Meta 分析森林图

Figure 11 | Forest plot comparing the effects of different training sequences on testosterone level through the Meta-analysis

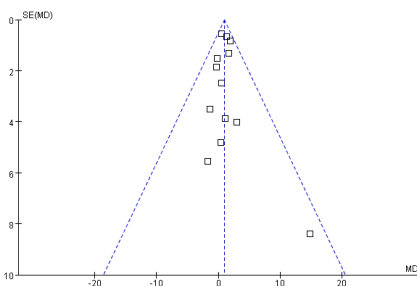


图12 | 纳入研究的体脂率指标的发表偏倚分析漏斗图

Figure 12 | Funnel chart describing the publication bias analysis of the included literature in term of body fat percentage

能存在结果的真实性与可靠性不足。研究仅停留在单次运动前和运动后即刻产生的不同序列比较，其产生的结果在长期同步训练后是否仍具有效益尚不清楚。④纳入的中文文献较少，检索方面可能存在一定的不足。⑤由于纳入文献中大部分文献缺少同步训练与单独进行耐力和力量训练的对比，因此未能对它们进行比较研究。纳入文献质量偏倚较大，主要是由于研究人员担心运动干预会造成受试者出现一些意外情况，因此需要签署知情同意书，也无法实现分组隐匿。

3.3 研究的意义 应用同步训练同时提高人体心肺功能和肌肉力量的同时，采用何种序列干预体脂率和激素水平提供了一定借鉴意义，为康复训练师对于老年男性患者降低体脂率的康复训练方案提供更多的循证医学支持。希望将来有更多的大样本量研究补充，并且从不同角度去探讨同步训练序列的影响。

3.4 结论 在同步训练当中采用 SE 对体脂率的降低较 ES 更具有显著性优势，这种优势更多地与无训练背景、男性、老年人特别相关，且在短期运动干预后 5-8 周就可以获得。在同步训练当中采用 ES 对腰围和运动后即刻的睾酮升高的干预较 SE 具有更好的效果，因此采用 ES 对于降低内脏脂肪以及诱导运动后合成代谢都有明显优势。部分指标纳入文献数量少结果存在一定可靠性不足，今后还需要更多高质量及大样本随机对照试验来证实。

作者贡献：文章设计和撰写论文者为吴敏，资料收集者为吴敏、张业廷、王军威、金毓和单继新。数据分析者为吴敏和张业廷。袁琼嘉和王璐负责审核。

经费支持：该文章接受了“国家自然科学基金(31900848)”和“四川省国民体质健康云平台建设项目(2018TJPT0046)”的资助。所有作者声明，该经费支持没有影响该文章观点和对研究数据客观结果的统计分析及其报道。

利益冲突：文章的全部作者声明，在课题研究过程和文章撰写过程，不存在利益冲突。

写作指南：该研究遵守《系统综述和荟萃分析报告规范》(PRISMA 指南)。

文章查重：文章出版前已经过专业反剽窃文献检测系统进行 3 次查重。

文章外审：文章经小同行外审专家双盲外审，同行评议认为文章符合本刊发稿宗旨。

生物统计学声明：该研究经过成都体育学院生物统计学专家核实。

文章版权：文章出版前杂志已与全体作者授权人签署了版权相关协议。

开放获取声明：这是一篇开放获取文章，根据《知识共享许可协议》“署名-非商业性使用-相同方式共享 4.0”条款，在合理引用的情况下，允许他人以非商业性目的基于原文内容编辑、调整和扩展，同时允许任何用户阅读、下载、拷贝、传递、打印、检索、超级链接该文献，并为之建立索引，用作软件的输入数据或其它任何合法用途。

4 参考文献 References

[1] BALABINIS CP, PSARAKIS CH, MOUKAS M, et al. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res*. 2003;17(2):393-401.

[2] HICKSON RC. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1980;45(2-3):255-263.

[3] CHTARA M, CHAOUACHI A, LEVIN GT, et al. Effect of concurrent endurance and circuit resistance training sequence on muscular strength and power development. *J Strength Cond Res*. 2008;22(4):1037.

[4] MIKKOLA J, RUSKO H, IZQUIERDO M, et al. Neuromuscular and cardiovascular adaptations during concurrent strength and endurance training in untrained men. *Int J Sports Med*. 2012;33(9):702-710.

[5] REED JP, SCHILLING BK, MURLASITZ S. Acute neuromuscular and metabolic responses to concurrent endurance and resistance exercise. *J Strength Cond Res*. 2013;27(3):793-801.

[6] SCHUMANN M, KÜÜSMAA M, NEWTON RU, et al. Fitness and lean mass increases during combined training independent of loading order. *Med Sci in Sports Exerc*. 2014;46(9):1758-1768.

[7] TARASI Z, BEIKI Y, HOSSINI F, et al. The effect of the sequence of concurrent strength and endurance training on aerobic capacity, anaerobic capacity and maximum strength of male adolescents. *AUS J Basic and Appl Sci*. 2011;5(10):1195-1201.

[8] MCGAWLEY K, ANDERSSON PI. The order of concurrent training does not affect soccer-related performance adaptations. *Int J sports Med*. 2013;34(11):983-990.

[9] SHIOTSU MS, YUYA W, SHOTARO T, et al. Effect of exercise order of combined aerobic and resistance training on arterial stiffness in older men. *Exp Gerontol*. 2018;111:27-34.

[10] ALVES AR, MARTA CC, NEIVA HP, et al. Effects of order and sequence of resistance and endurance training on body fat in elementary school-aged girls. *Biol Sport*. 2017;34(4):379-384.

[11] ELIAS M. Serum cortisol, testosterone, and testosterone-binding globulin responses to competitive fighting in human males. *Aggressive Behav*. 1981;7(3):215-224.

[12] GLADUE BA, BOECHLER M, MCCALU KD. Hormonal response to competition in human males. *Aggress Behav*. 1989;15(6):409-422.

[13] WANG ZM, PIERSON RN, HEYMSFIELD SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr*. 1992;56(1):19-28.

[14] DE MUTSERT R, SUN Q, WILLETT WC, et al. Overweight in early adulthood, adult weight change, and risk of type 2 diabetes, cardiovascular diseases, and certain cancers in men: a cohort study. *Am J of Epidemiol*. 2014;179(11):1353-1365.

[15] NORA M, GUIMARAES M, ALMEIDA R, et al. Excess body mass index loss predicts metabolic syndrome remission after gastric bypass. *Diabetol Metab Syndr*. 2014;6(1):1.

[16] PHILLIPS LK, PRINS JB. The link between abdominal obesity and the metabolic syndrome. *Curr Hypertens Rep*. 2008;10(2):156-164.

[17] HASLAM DW, JAMES WPT. Obesity. *Lancet*. 2005;366(9492):1197-1209.

[18] SCHULZE MB, BERGMANN MM, HEIDEMANN C, et al. Comparison of anthropometric characteristics in predicting the incidence of type 2 diabetes in the EPIC-potsdam study. *Diabetes Care*. 2006; 29(8):1921-1923.

[19] URHAUSEN A, GABRIEL H, KINDERMANN W. Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports Med*. 1995;20(4):251-276.

[20] EDDENS L, SOMEREN KV, HOWATSON G. The role of intra-session exercise sequence in the interference effect: a systematic review with meta-analysis. *Sports Med*. 2018;48(1):177-188.

[21] CADORE E, LHULLIER F, BRENTANO M, et al. Correlations between serum and salivary hormonal concentrations in response to resistance exercise. *J Sports Sci*. 2008; 26(10):1067-1072.

[22] KRAEMER WJ, PATTON JF, GORDON, SE, et al. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Eur J Appl Physiol*. 1995;78(3):976-989.

[23] 孙元隆, 阮小芬, 李益萍, 等. 辩证论治应用芪劳强心胶囊对缺血性心力衰竭疗效影响的 meta 分析比较 [J]. *中国中药杂志*, 2019,44(22):4975-4984.

[24] CADORE EL, IZQUIERDO M, ALBERTON CL, et al. Strength prior to endurance intra-session exercise sequence optimizes neuromuscular and cardiovascular gains in elderly men. *Exp Gerontol*. 2011;47(2): 164-169.

[25] EKLUND D, HÄKKINEN A, LAUKKANEN JA, et al. Fitness, body composition and blood lipids following 3 concurrent strength and endurance training modes. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2016;40(5):767-774.

[26] KARATRANTOU K, GERODIMOS V, HÄKKINEN K, et al. Health-promoting effects of serial vs. integrated combined strength and aerobic training. *Int J Sports Med*. 2016;38(1):55-64.

[27] MOGHADAM BH, BAGHERI R, ASHTARY-LARKY D, et al. The Effects of Concurrent Training Order on Satellite Cell-Related Markers, Body Composition, Muscular and Cardiorespiratory Fitness in Older Men with Sarcopenia. *J Nutr Health Aging*. 2020;24(1):796-804.

[28] MOHAMMAD F, LALEH B, EBRAHIM B. Effect of sequence order of combined strength and endurance training on new adiposity indices in overweight elderly women. *Isokinetics Exer Sci*. 2018;26(2): 105.

[29] OKAMOTO T, MASUHARA M, IKUTA K. Combined aerobic and resistance training and vascular function: effect of aerobic exercise before and after resistance training. *J Appl Physiol*. 2007;103(5):1655-1661.

[30] SHEIKHOLESLAMI-VATANI D, SIAHKOUHIAN M, HAKIMI M, et al. The effect of concurrent training order on hormonal responses and body composition in obese men. *Sci Sports*. 2015;30(6):335-341.

[31] SHIOTSU Y, YANAGITA M. Comparisons of low-intensity versus moderate-intensity combined aerobic and resistance training on body composition, muscle strength, and functional performance in older women. *Menopause*. 2018;15(6):668-675.

[32] 王隼. 有氧运动并腹部肌力训练条件下内容顺序对腹型肥胖患者血脂减肥的效果比较 [J]. *中国老年学杂志*, 2014,35(2): 477-478.

[33] 王玘芳. 抗阻和有氧耐力的不同混合训练对人体成分的影响 [D]. 北京: 北京体育大学, 2015.

[34] CADORE EL, IZQUIERDO M, SANTOS MGD, et al. Hormonal responses to concurrent strength and endurance training with different exercise orders. *J Strength Cond Res*. 2012;26(12):3281-3288.

[35] CLAUDIO R, ALVES J, FERNANDES H, et al. Order effects of combined strength and endurance training on testosterone, cortisol, growth hormone, and IGF-1 binding protein 3 in concurrently trained men. *J Strength Cond Res*. 2015;29(1):74-79.

[36] SCHUMANN M, WALKER S, IZQUIERDO M, et al. The order effect of combined endurance and strength loadings on force and hormone responses: effects of prolonged training. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(4):867.

[37] ROSA G, DANTAS EHM, MELLO DBD. The response of serum leptin, cortisol and zinc concentrations to concurrent training. *Hormones*. 2011;10(3):215.

[38] JONES TW, HOWATSON G, RUSSELL M, et al. Effects of strength and endurance exercise order on endocrine responses to concurrent training. *Eur J Sport Sci*. 2016;17(3):326-334.

[39] MACNEIL LG, GLOVER E, BERGSTRA TG, et al. The order of exercise during concurrent training for rehabilitation does not alter acute genetic expression, mitochondrial enzyme activity or improvements in muscle function. *PLoS One*. 2014;9(10):1-10.

[40] BELL G, PETERSEN S, WESSEL J, et al. Physiological adaptations to concurrent endurance training and low velocity resistance training. *Int J Sports Med*. 1991; 12(4):384-390.

[41] SALE DG, JACOBS I, MACDOUGALL JD, et al. Comparison of two regimens of concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc*. 1990;22(3):348-56.

[42] LEITE N, LAZAROTTO L, CAVAZZA JF, et al. Effects of aquatic exercise and nutritional guidance on the body composition of obese children and adolescents. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2010;12(4):232-238.

[43] KWON HR, HAN KA, KU YH, et al. The effects of resistance training on muscle and body fat mass and muscle strength in type 2 diabetic women. *Korean Diabetes J*. 2010;34(2):100-110.

[44] UCAN Y. Effects of different types of exercises on body composition in young men and women. *Life Sci*. 2013;10(3):1799-1806.

[45] DOLEZAL BA, POTTEIGER JA. Concurrent resistance and endurance training influence on basal metabolic rate in nondieting individuals. *J Appl Physiol*. 1998;85(2):695-700.

[46] COPELAND JL, CONSIIT LA, TREMBLAY MS. Hormonal responses to endurance and resistance exercise in females aged 19-69 years. *J Gerontol*. 2002;57(4):B158-B165.

[47] TREMBLAY MS. Effect of training status and exercise mode on endogenous steroid hormones in men. *J Appl Physiol*. 2004;96(2):531-539.

[48] KRAEMER WJ, RATAMESS NA. Hormonal responses and adaptation to resistance exercise and training. *Sports Med*. 2005;35(4):339-361.

[49] 李江源, 陈名道. 举重治疗防止非肥胖老年男子内脏脂肪蓄积和骨骼肌丢失 [J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2008,24(1):113-114.

[50] HOLLAND A, MALEAH R, MICHAEL D, et al. Testosterone inhibits expression of lipogenic genes in visceral fat by an estrogen-dependent mechanism. *J Appl Physiol*. 2016;121(3):792-805.

[51] FYFE JJ, BISHOP DJ, STEPTO NK. Interference between concurrent resistance and endurance exercise: molecular bases and the role of individual training variables. *Sports Med*. 2014;44(6):743-762.

(责任编辑: WJ, ZN, ZJP)