



Meta-Analysis of the Effect of Exercise Intervention on Improving the Executive Function of College Students

Yang Qun, He Jia Xin, Li Duan Ying, Ding Shi Cong, Xie He Zhi, Chan Zai, Sun Jian*

Digital Strength Training and Conditioning Experimental Center, Guangzhou Institute of Physical Education, Guangzhou, China

Email address:

1243427291@qq.com (Yang Qun), 574401513@qq.com (He Jia Xin), duanyingli123@163.com (Li Duan Ying), dingse@gzsport.edu.cn (Ding Shi Cong), 11099@gzsport.edu.cn (Xie He Zhi), orangachan@163.com (Chen Zai), sunjian@gzsport.edu.cn (Sun Jian)

*Corresponding author

To cite this article:

Yang Qun, He Jia Xin, Li Duan Ying, Ding Shi Cong, Xie He Zhi, Chan Zai, Sun Jian. Meta-Analysis of the Effect of Exercise Intervention on Improving the Executive Function of College Students. *Science Discovery*. Vol. 9, No. 6, 2021, pp. 340-347. doi: 10.11648/j.sd.20210906.21

Received: October 28, 2021; Accepted: November 13, 2021; Published: November 17, 2021

Abstract: Objective To systematically evaluate the effects of different exercise styles on executive function of college students through a meta-analysis of relevant literatures at home and abroad, and to provide evidence-based reference for future studies on mental health and teaching. Method to "aerobic exercise" and "movement" executive function, "cognitive" "college students/female college students" "aerobic exercise/exercise" seven "executive function" keywords retrieval at home and abroad, such as database, retrieval time for January 2021. Literature screening was conducted, and a total of 6 relevant studies were included with high literature quality scores. Meta-analysis was performed on the fixed model. Results The combined effect size of exercise intervention on inhibition function of college students [SMD=2.73, 95%CI: 0.99 ~ 3.48, $P < 0.01$]. The combined effect size of exercise intervention on refresh function of college students [SMD=-82.52, 95%CI:-127.89 ~ -37.15, $P < 0.01$]; the combined effect size of exercise intervention on the conversion function of college students [SMD=-98.48, 95%CI:-168.56 ~ -28.39, $P < 0.01$]. Conclusion Aerobic exercise and bicycle can effectively improve the executive function of college students, while resistance exercise has no improvement effect. the exercise intervention of 30-50min/time has the best effect on improving the inhibition function, conversion function and refresh function of college students. The short-term intervention of 1-2 weeks or the intervention of 8 weeks can improve the inhibition function, conversion function and refresh function of college students. there is no gender difference in the improvement effect of exercise intervention on executive function of college students.

Keywords: Exercise Intervention, College Students, Executive Function, Meta Analysis

运动干预对改善大学生执行功能效果的Meta分析

杨群, 何家欣, 李端英, 丁世聪, 谢和志, 陈仔, 孙健*

广州体育学院数字化体能训练实验中心, 广州, 中国

邮箱

1243427291@qq.com (杨群), 574401513@qq.com (何家欣), duanyingli123@163.com (李端英), dingse@gzsport.edu.cn (丁世聪), 11099@gzsport.edu.cn (谢和志), orangachan@163.com (陈仔), sunjian@gzsport.edu.cn (孙健)

摘要: 目的: 通过Meta分析对国内外相关文献进行研究, 系统评价不同运动方式对大学生人群执行功能的影响, 为今后学校心理卫生和教学等相关研究提供循证学参考。方法以“有氧运动”“运动”“执行功能”“认知功能”“college students/female college students”“aerobic exercise/ exercise”“executive function”等关键词检索国内外七大数据库, 检索时间为2021年1月。进

行文献筛选,共纳入6篇相关研究文献,文献质量评分较高,固定模型进行Meta分析。结果:运动干预对大学生抑制功能的合并效应量[SMD=2.73, 95%CI:0.99~3.48, $p<0.01$];运动干预对大学生刷新功能的合并效应量[SMD=-82.52, 95%CI:-127.89~-37.15, $p<0.01$];运动干预对大学生转换功能的合并效应量[SMD=-98.48, 95%CI:-168.56~-28.39, $p<0.01$]结论:有氧运动、自行车能有效改善大学生的执行功能,抗阻运动未有改善效果。30~50min/次的运动干预对改善大学生的抑制功能、转换功能、刷新功能效果最好,1-2周短时干预或者8周长时干预都可改善大学生的抑制功能、转换功能、刷新功能效果。运动干预对大学生执行功能改善效果不存在性别差异。

关键词: 运动干预, 大学生, 执行功能, meta分析

1. 前言

执行功能是在个体在进行复杂的认知过程中产生的,对其他的次认知具有协调、控制的表现[1],其根本目的主要是协调各自功能能够有条不紊的来完成目标行为。执行功能主要三部分组分别是:抑制、刷新、和转换三方面[2]。在个体的情感生活、价值观的形成、认知过程中执行功能的调节作用至关重要。当今,大学生身负多重压力不仅是升学、毕业等学业压力,还有人际关系、情感等生活压力,而当他们身历其境之时就会产生诸多心理问题,如:焦躁、失眠等。已有研究表明大学生执行功能的不健全会增加认知性类疾病的产生的几率[3,4]。有氧运动对增强身体素质、保护生命健康是非常有效的方式之一[5]。已有的Meta分析研究发现运动干预手段能够让儿童的执行功能获得正向效益[6-8]。另外,蔡治东[9]在25项Meta分析中,发现急性运动干预对中老年人群的执行功能也有着正向效益。尽管研究表明体育锻炼对执行功能有积极影响,但是“剂量”效应仍不明析,有研究认为运动强度、时间与执行功能的干预效果成倒U型关系[10-12],另一方面对大学生群体研究关注少;加之不同的实验间设计、执行功能评价指标不同[13-14],所得研究结果并趋同。鉴于此有必要系统总结体育锻炼对大学生不同执行功能的干预效果,探求最佳的运动处方,为今后学校的心理卫生教育工作提供循证学参鉴。

2. 资料与方法

2.1. 文献检索策略

计算机检索CNKI、Wan-Fang、VIP、PubMed、Web of Science、Science Direct。以“大学生/女大学生”“运动/有氧运动”“执行功能/执行能力”为中文检索词,以“college students/female college students”“aerobic exercise/exercise”“executive function”为英文检索词分别进行主题词+检索词的检索方式。检索时限为建库至2021年1月。

2.2. 纳入与排除标准

2.2.1. 研究类型

运动干预对大学生执行功能影响的干预性试验。

2.2.2. 研究对象

大学生(健康状况良好)。

2.2.3. 干预措施

实验组采用运动干预,如有氧运动、自行车、抗阻运动等;对照组无干预措施或日常生活、常规体育活动。

2.2.4. 结局指标

Stroop任务、N-back任务表现,或者其中一项。

2.2.5. 排除标准

①受试对象非大学生群体;②缺少相应的指标数据;③会议摘要和综述。

2.3. 文献筛选和资料提取

将中、英数据库的文献一并导入endnoteX20软件进行汇总排重。然后由2名独立的研究人员分别按照纳入与排除标准筛选文献,产生分歧时通过咨询第三方专家进行讨论择选。

资料提取内容主要包括:①纳入研究的基本信息如:研究题目、第一作者等;②研究对象的基线特征,包括各组的样本数、研究对象性别等;③干预时长、周期、强度等;④关键影响偏倚的因素;⑤所关注的结局指标和结果测量数据。

2.4. 质量评价

采用Cochrane手册推荐的随机对照试验偏倚风险评估工具质量学评价,进行每一研究的“偏倚高风险”“偏倚低风险”“偏倚不清楚”裁定。

2.5. 统计分析

选用RevMan5.3和stata15.0分析工具,采用(Q检验)对纳入研究文献的数据异质性进行检验(检验水准为 $\alpha=0.1$),根据各研究间异质性的异同去选择相应的统计模型来检验效应量。当I²统计值 $\leq 50\%$ ($P \geq 0.1$),研究间不存在异质性,采用固定效应模型;I²统计值 $> 50\%$ ($P < 0.1$),各研究间存在异质性,选用随机效应模型。效应量都采用OR值和95%CI来表示。

3. 结果

3.1. 文献筛选流程及结果

共检索出中文文献78篇,外文文献共19篇,经逐层筛选后,最终纳入中文6篇[12-17]9个随机对照试验进行研究,文献筛选方法流程见图1。

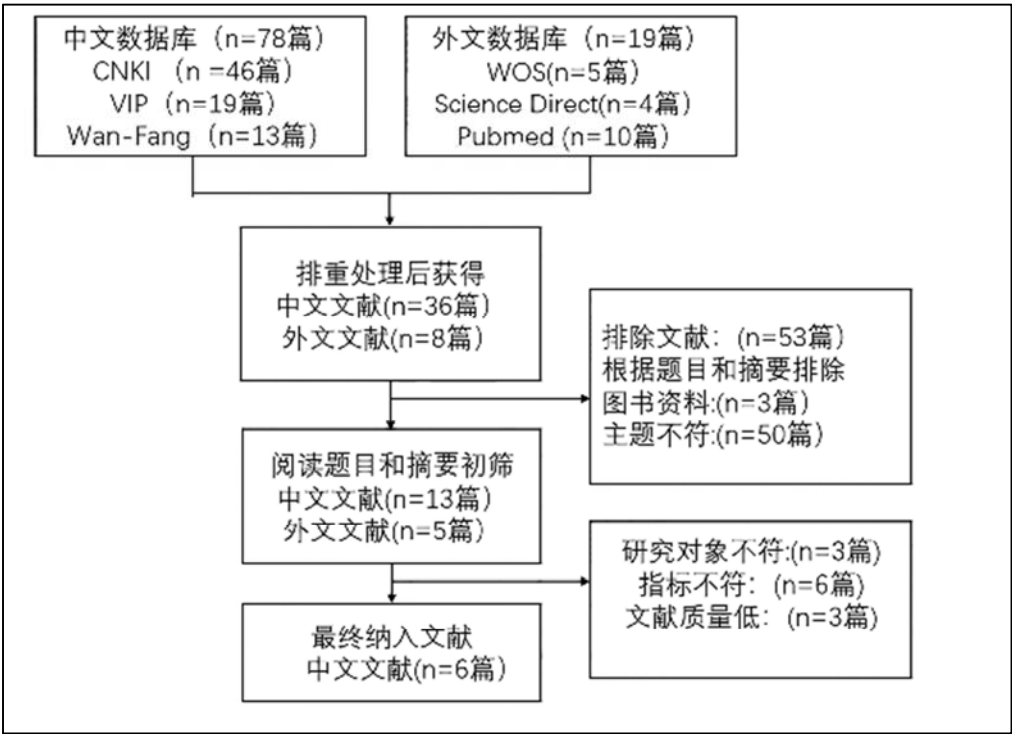


图1 文献筛选纳入流程图。

3.2. 纳入研究的基本特征与偏倚风险评价结果

纳入研究的基本特征见表1，纳入研究的偏倚风险评价结果见图2。纳入研究的6篇文献中一共存在9个实验，研究对象共有301名大学生，其中试验组150名，对照组151名，其中女大学生237名，男大学生64名。干预项目自行车、太极拳、抗阻力等运动，干预时间分为短时和长期运动干预，9个实验中用来测试执行功能任务的相关软件(具

体见表1)。9个实验2篇核心期刊，4篇硕士论文。文献质量较高，其中2篇文献明确说明采用双盲试验，所有文献均采用随机分组方式。利用Cochrane系统评价标准对纳入的9篇文献进行偏倚风险综合评价，评价的指标为是否双盲实验、是否随机分组、是否隐蔽分组等。由图2可知6篇纳入的研究文献存在一定的偏倚性。

表1 纳入文献的基本信息。

作者	例数 (T/C)	性别	运动方式	运动周期 (周)	运动频率 (次/周)	运动时长 (min)	运动强度	结局指标
陈爱国 2011a	15/15	男	有氧自行车	2周	2次	30分钟/次	中等强度66%最大心率	Flanker、2-back、More-odd shifting任务
陈爱国 2011b	15/15	女	有氧自行车	2周	*	30分钟/次	中等强度66%最大心率	Flanker、2-back、More-odd shifting任务
李琳2014	87	女	有氧自行车	2周	1	30分钟/次	中等强度60%—70%的最大心率储备	2-back、More-oddshifting任务
负小波 2016a	12/12	男	太极拳运动	8周	3次	30分钟/次	中等强度心率=120-140次/分左右	Flanker、2-back、More-odd shifting任务
负小波 2016b	12/12	女	太极拳运动	8周	3次	30分钟/次	中等强度心率=120-140次/分左右	Flanker、2-back、More-odd shifting任务
崔洁2017	19	女	抗阻运动	8周	3次	50分钟/次	中等强度60%—69%最大心率	Flanker、2-back任务
郭旺2020	10	男	有氧运动	1周	1次	30分钟/次	中等强度60%-69%最大心率	Flanker、2-backkk任务
李琳2020a	18/19	女	抗阻运动	8周	3次/周	50分钟/次	中等强度60%-69%最大心率	2-back任务
李琳2020b	21/19	女	有氧运动	8周	3次/周	50分钟/次	中等强度60%-69%最大心率	2-back任务

注：*代表无信息，Flanker抑制功能评价指标，2-back刷新功能指标，More-odd shifting任务转换功能指标。

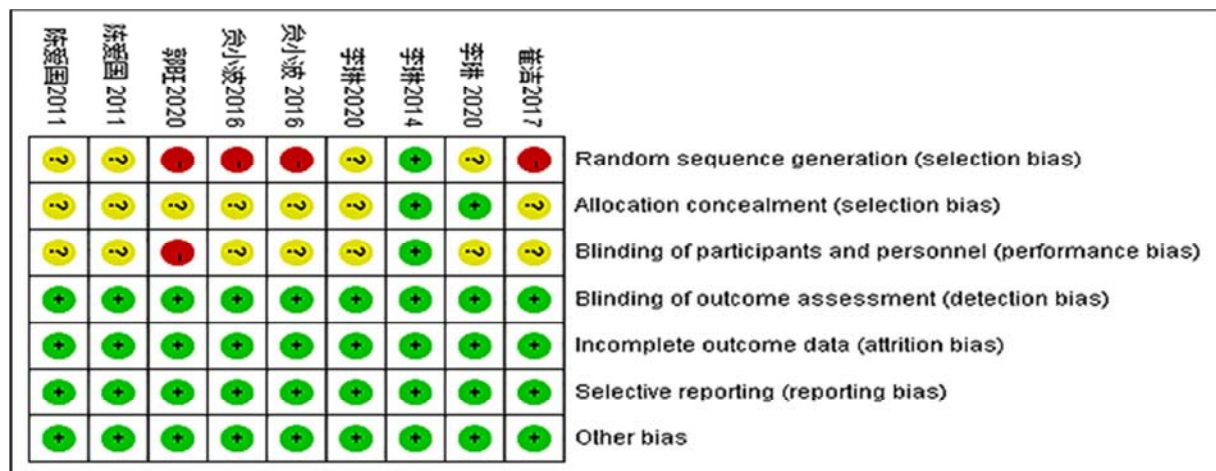
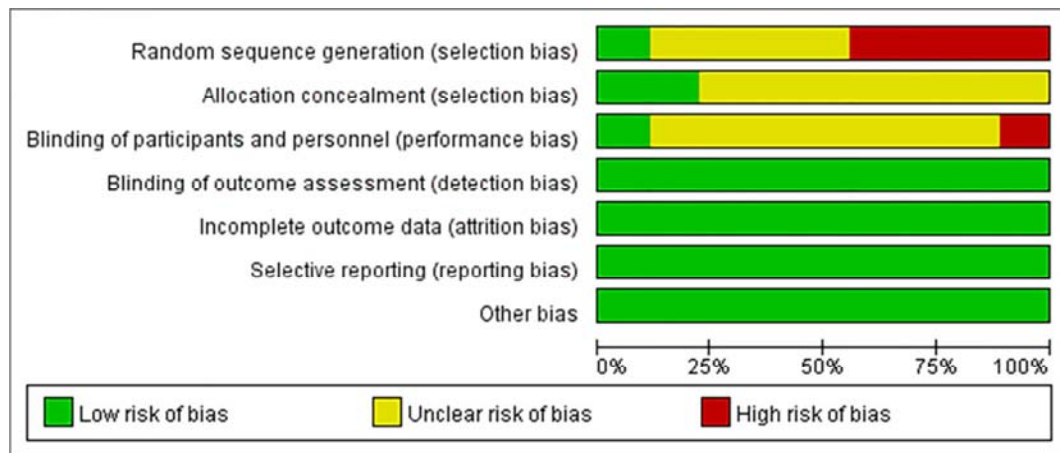


图2 方法学质量评估示意图。

3.3. 发表偏倚

最终纳入的6篇文献中, 5项实验有氧运动对抑制功能的影响, 9项实验有氧运动对刷新功能的影响, 5项实验是关于有氧运动对转换功能的影响。通过Bgger's法检测发表偏倚大小。见表2所示, Bgger's检验显示刷新功能、转换功能 $P > 0.05$, 不存在发表偏倚, 但抑制功能 $P < 0.05$,

且95%CI截距不包括0, 存在明显的发表偏倚。通过非参数剪补法检验后发现, 在固定、随机效应模型下的效应量-0.635, 95%CI [-0.984, -0.322], 固定效应模型下的效应量-0.701, 95%CI [-1.117, -0.284], 说明均有统计学意义, 结果稳健。

表2 文献发表偏倚检验。

结局指标	纳入文献	样本量	Std.Err.	t	P> t	95%CI	
抑制功能	5	114	1.289099	-3.88	0.03	-9.105849	-0.900872
刷新功能	9	215	3.84824	-1.54	0.167	-15.03305	3.166231
转换功能	5	141	0.9038291	-5.6	0.111	-7.936177	-2.183401

3.4. Meta分析结果

3.4.1. 运动干预对大学生抑制功能的影响

共纳入5项研究, 共114例干预对象, 评估运动干预对大学生的抑制功能的干预效果。异质性检验提示($I^2=58\%$, $P=0.05$), 显示研究间具有异质性, 选用随机效应模型meta分析。合并效应量 [SMD=2.73, 95%CI:0.99~3.48, $p < 0.01$], 差异有显著性意义, 实验组运动干预对大学生抑制功能改善明显优于对照组。因此, 运动干预可显著性的改善运动员的抑制功能, 能提高2.73倍的标准差, 见图3。

为进一步探索异质性来源, 对其调节变量进行亚组分析 (表3)。以受试者性别、运动类型、运动时长、运动周期、运动频次为分组指标进行亚组分析。以受试者性别为指标进行亚组分析, 纳入4项研究, 受试者性别组的异质性检验结果显示, 无异质性, 选用固定效应模型分析, 差异具有统计学意义, 表明运动干预均可有效改善受试者男女的抑制功能。

运动类型组的异质性检验结果显示, 无异质性, 选用固定效应模型进行分析, 差异具有统计学意义, 表明有氧自行车运动、太极拳运动均可有效改善大学生的抑制功能。

运动时长分组的异质性检验结果显示，无异质性，选用固定效应模型进行分析，差异具有统计学意义，表明运动时长为30min-50min/次时可有效改善大学生的抑制功能。

运动周期组的异质性检验结果显示，无异质性，选用固定效应模型进行分析，差异具有统计学意义，表明运动周期为1-8周时可有效改善大学生的抑制功能。

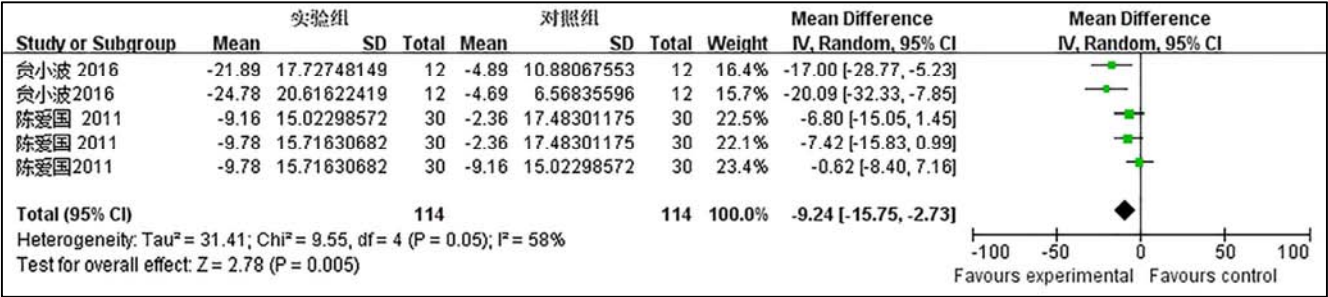


图3 运动对大学生抑制功能影响的森林图。

表3 运动干预变量对抑制功能干预效果的亚组分析。

干预变量	干预标准	纳入文献数量	异质性检验结果			效应模型	Meta分析结果	
			Q	P	I ² /%		效应量 (95%CI)	P值
运动类型	有氧运动	3	1.53	0.466	0	固定	-0.299 (-0.594, 14-0.005)	0.046
	太极拳运动	2	0.06	0.804	0	固定	-1.233 (-1.855, -0.611)	0
运动时长	30min-50min/次	4	4.83	0.185	37.8	固定	-0.635 (-0.948,-0.322)	0
运动周期	1-2周	3	1.53	0.466	0	固定	-0.299 (-0.594,-0.005)	0.046
	8周	2	0.06	0.804	0	固定	-1.233 (-1.855,-0.611)	0
性别	男	2	2.93	0.087	65.9	随机	-0.640(-1.084,-0.197)	0.005
	女	2	1.9	0.168	47.3	固定	-0.629 (-1.071,-0.188)	0.005

3.4.2. 运动干预对大学生刷新功能的影响

共纳入9项研究，共246例研究对象，评估运动干预对大学生的刷新功能的干预效果。异质性检验提示($I^2=89\%$, $P<0.05$)，显示研究间具有异质性，选用随机效应模型 meta 分析。合并效应量[SMD=-82.52, 95%CI: -127.89~-37.15, $p<0.01$]，差异有显著性意义，实验组运动干预对大学生抑制功能改善明显优于对照组。因此，运动干预可显著性的改善运动员的刷新功能，能提高3.56倍的标准差，见图4。

为进一步探索潜在异质性来源，对调节变量进行亚组分析（表4）。以受试者性别、运动类型、运动时长、运动周期、运动频次为分组指标进行亚组分析。以受试者性别为指标进行亚组分析，纳入10项研究，受试者性别组的异质性检验结果显示，无异质性，故用固定效应模型分析，差异具有统计学意义，表明运动干预均可有效改善受试者男、女的刷新功能。

以运动类型为指标进行亚组分析，纳入9项研究，运动类型组的异质性检验结果显示，无异质性，故用固定效应模型分析，有氧自行车、太极拳运动干预差异具有统计学意义，但抗阻运动差异不具有统计学意义，表明有氧自行车、太极拳运动均可有效改善受试者男、女的刷新功能，但抗阻运动不能有效改善大学生的刷新功能。

以运动时长为指标进行亚组分析，纳入9项研究，运动时长分组的异质性检验结果显示，无异质性，故用固定效应模型分析，差异具有统计学意义，表明运动时长在30-50min/次均可有效改善大学生的刷新功能。

以运动周期为指标进行亚组分析，纳入8项研究，运动周期组的异质性检验结果显示，无异质性，故用固定效应模型分析，差异具有统计学意义，表明运动周期在1-8周时均可有效改善大学生的刷新功能。

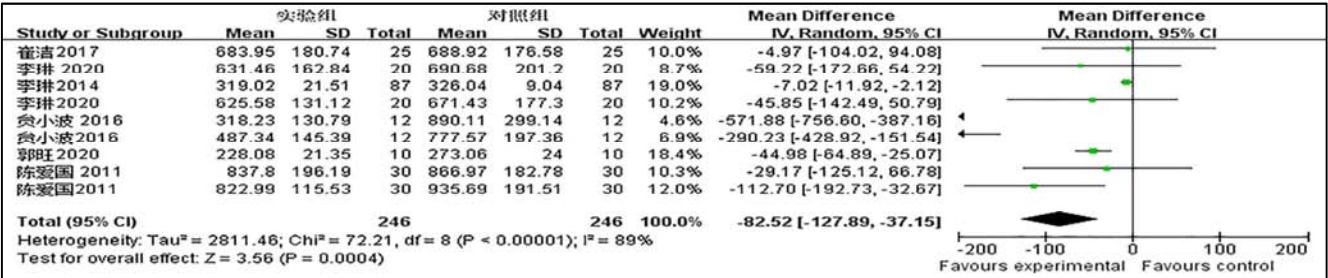


图4 运动对大学生刷新功能影响的森林图。

表4 运动干预变量对刷新功能干预效果的亚组分析。

干预变量	干预标准	纳入文献数量	异质性检验结果			效应模型	Meta分析结果	
			Q	P	I ² /%		效应量 (95%CI)	P值
运动类型	有氧运动	5	2.76	0.599	0	固定	-0.350(-0.570,-0.130)	0.002
	太极拳运动	2	0.06	0.804	0	固定	-1.233(-1.855,-0.611)	0
	抗阻运动	2	0.37	0.543	0	固定	-0.140(-0.561,0.282)	0.516
运动时长	30-50min/次	9	30.75	0	74	随机	-0.524(-0.720,-0.328)	0
	1-2周	4	8.54	0.036	64.9	随机	-0.509(-0.761,-0.256)	0
运动周期	8周	5	22.13	0	81.9	随机	-0.552(-0.866,-0.239)	0.001
	男	3	15.39	0	87	随机	-1.120(-1.644,-0.595)	0
性别	女	6	9.58	0.088	47.8	固定	-0.429(-0.641,-0.217)	0

3.4.3. 运动干预对大学生转换功能的影响

共纳入5项研究，共171例研究对象，评估运动干预对大学生的转换功能的干预效果。异质性检验提示 ($I^2=92\%$, $P<0.05$)，显示研究间具有异质性，选用随机效应模型meta分析。合并效应量[SMD=-98.48, 95%CI: -168.56~-28.39, $p<0.01$]，差异有显著性意义，实验组运动干预对大学生抑制功能改善明显优于对照组。因此，运动干预可显著性的改善大学生的刷新功能，能提高2.75倍的标准差，见图5。

为进一步探索异质性所在，对所在调节变量进行亚组分析（表5）。以受试者性别、运动类型、运动时长、运动周期、运动频次为分组指标进行亚组分析。以受试者性别为指标进行亚组分析，纳入8项研究，受试者性别组的异质性检验结果显示，男性研究间存在异质性，故用随机效应模型分析，女性研究间无异质性，故用固定效应模型，

差异具有统计学意义，表明运动干预均可有效改善受试者男、女的转换功能。

以运动类型为指标进行亚组分析，纳入5项研究，运动类型组的异质性检验结果显示，有氧自行车研究间存在异质性，故用随机效应模型分析，太极拳运动研究间无异质性，故用固定效应模型，差异具有统计学意义，表明有氧自行车、太极拳运动均可有效改善的转换功能。

以运动时长为指标进行亚组分析，纳入5项研究，运动时长的异质性检验结果显示，研究间存在异质性，故用随机效应模型分析，差异具有统计学意义，表明运动时长在30-50min/次均可有效改善大学生的转换功能。

以运动周期为指标进行亚组分析，纳入5项研究，运动周期组的异质性检验结果显示，研究间无异质性，故用固定效应模型分析，差异具有统计学意义，表明运动周期在1-8周时均可有效改善大学生的转换功能。

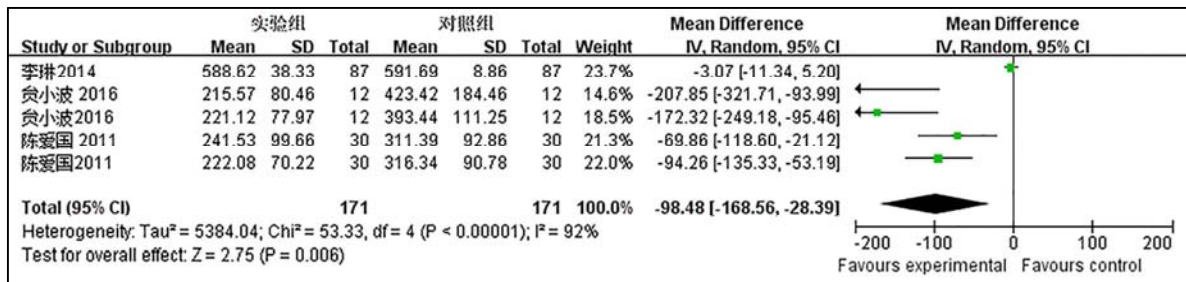


图5 运动干预对大学生转换功能影响的森林图。

表5 运动干预变量对转换功能干预效果的亚组分析。

干预变量	干预标准	纳入文献数量	异质性检验结果			效应模型	Meta分析结果	
			Q	P	I ² /%		效应量 (95%CI)	P值
运动类型	有氧运动	3	7.54	0.023	73.5	随机	-0.304(-0.564,-0.044)	0.022
	太极拳运动	2	0.06	0.804	0	固定	-1.233(-1.855,-0.611)	0
运动时长	30-50min/次	5	20.97	0	80.9	随机	-0.480(-0.722,-0.238)	0
	1-2周	3	7.54	0.023	73.5	随机	-0.304(-0.564,-0.044)	0.022
运动周期	8周	2	0.06	0.804	0	固定	-1.233(-1.855,-0.611)	0
	男	2	0.24	0.624	0	固定	-1.288(-1.879,-0.697)	0
性别	女	3	12.12	0.002	83.5	随机	-0.318(-0.583,-0.053)	0.019

4. 讨论

4.1. 运动干预对改善大学生执行功能效果的总体分析

对执行功能的研究始于英国，执行功能达到身心健康、完成学业、心理良好发展等的必备能力[16]。有研究指出

较好的执行功能通常与较高的数学、阅读等学业成绩相关[17,18]，而不良的执行功能与焦虑、抑郁等疾病密切相关[19,20]。本文对近些发表的运动干预对中国大学生执行功能的研究进行系统评价。本系统评价共纳入6篇文献9个RCT，最终研究结果显示，运动干预对大学生执行功能具有显著性的改善作用。

4.2. 运动干预对改善大学生执行功能干预效果的调节变量分析

4.2.1. 运动类型

在纳入研究文献中5篇进行有氧运动, 2篇进行抗阻运动, 其中李琳分成有氧锻炼和抗阻锻炼2个干预组。在体育锻炼对抑制功能影响的亚组分析中, 有氧运动可显著性的改善大学生抑制功能的表现。体育锻炼对刷新功能影响的亚组分析, 有氧运动、抗阻运动可显著性的改善大学生刷新功能的影响。体育锻炼对转换功能影响的亚组分析中, 有氧运动可显著性的改善转换功能的表现。有氧运动是运动干预的最主要形式, 对执行功能的锻炼效果已被Meta分析研究认可[21,22], Angevaren[23]使用Flanker任务测试了大学生的抑制能力, 发现, 有氧运动提高了大学生的抑制能力。刘俊一[24]使用2-back任务测试大学生的刷新功能, 结果发现, 有氧运动后大学生执行功能得到提升。同样Netz等人[25]使用More-odd shifting任务检测转换功能的表现, 结果表明有氧运动能提高大学生的执行功能。

4.2.2. 运动时长

运动时长可能是影响运动干预对大学生执行功能改善效果的调节变量, 对抑制、刷新、转换功能进行亚组分析后发现, 30-50min的运动干预可显著性的改善大学生执行功能的表现, 已有研究表明, 一次持续30min中等强度运动大学生对执行功能有积极影响, 但也有研究表明在大于20min的运动干预是可能会出现消极抑制反应[25], 主要原因与运动类型、研究对象、测试任务异同相关, 另一方面与自我控制理论相关, 长时运动干预可能会在运动后进行的认知任务产生负性影响[26]。

4.2.3. 运动周期

运动周期的长短可能是影响运动干预对大学生执行功能干预效果的调节变量, 本研究发现, 无论是1-2周的短期干预, 还是8周左右长时干预都对大学生执行功能产生了显著性的改善作用。这也与Charles等[27]分别对大学生进行一次有氧运动和12周有氧运动干预结果相一致。其原因主要在于体育锻炼与脑功能改善有关, 1) 有氧运动后可将大脑中左侧背外侧前额叶皮层的激活水平提升[28]; 2) 有氧体育锻炼可以改善脑的结构能力。

4.2.4. 性别差异

运动干预对男、女大学生执行功能不存在显著性差异, 研究结果支持执行功能不存在性别差异的观点[29-30], 究其原因在于运动干预的频率与强度本质差异相关联。干预强度对被试者产生心理效应, 而干预频次对被试者心理效应产生了累加效应, 且这种累积效应与性别无关[31]。

5. 研究局限性

研究纳入文献存在方法学的缺陷, 只纳入公开发表的中文文献; 2) 执行功能的多维性, 不同研究注重不同的执行功能子成分, 而本研究仅涉及执行功能的3个重要成分。

6. 结论与展望

6.1. 结论

运动干预能有效改善大学生的执行功能。选用中强度的急性体育锻炼、30~50min/次、1-2周短时或8周长时干预的运动干预对改善大学生的执行功能最优。运动干预的效果不存在性别差异。

6.2. 展望

未来, 对于大学生执行功能的研究应进一步提高方法学质量; 强化对大学生记忆能力、抑制功能的研究; 完善运动干预对大学生执行功能影响剂量关系; 建议未来研究可以进一步丰富有氧运动的形式、强度的组合, 此外, 有氧运动组合干预后的不同间歇时间、干预周期进一步对大学生群体生理学、行为学等方面所产生的影响展开探究; 加强对运动干预类型的不同对女性执行功能的影响研究。

参考文献

- [1] Funahashi, S. (2001). Neuronal mechanisms of executive control by the prefrontal cortex. *Neuroscience Research*, 39, 147-165.
- [2] Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41, 49-100.
- [3] Tomporowski, P. D., Davis, C. L., Miller, P. H., & Naglieri, J. A. (2008). Exercise and children's intelligence, cognition, and academic achievement. *Educational Psychology Review*, 20, 111-131.
- [4] Rebecca, Elliott. Executive functions and their disorders: Imaging in clinical neuroscience [J]. *Br Med Bull*, 2003, 65 (1): 49-59.
- [5] Salas-Gomez Diana, Fernandez-Gorgojo Mario, Pozueta Ana, Diaz-Ceballos Isabel, Lamarain Maider, Perez Carmen, Kazimierzczak Martha, Sanchez-Juan Pascual. Physical Activity Is Associated With Better Executive Function in University Students. [J]. *Frontiers in human neuroscience*, 2020, 14.
- [6] 解超. 不同运动强度对儿童青少年工作记忆影响的Meta分析[J]. *中国学校卫生*, 2020, 41(03): 356-360+364.
- [7] 朱莉, 余少兵, 王树明, 程枫. 运动干预对中国儿童执行功能改善效果的meta分析[J]. *安徽师范大学学报(自然科学版)*, 2020, 43(03): 300-306.
- [8] 董俊. 有氧运动对学龄儿童工作记忆刷新功能影响的Meta分析[J]. *中国学校卫生*, 2018, 39(09): 71-74.
- [9] 蔡治东, 江婉婷, 王强, 宋德海, 王兴. 急性体育锻炼对中老年人执行功能干预效果的系统综述与Meta分析[J]. *中国体育科技*, 2020, 56(09): 45-57.

- [10] McMorris T, Hale B J. Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: A meta-analytical investigation [J]. *Brain & Cognition*, 2012, 80 (3).
- [11] D Wang, Zhou C, Zhao M, et al. Dose-response relationships between exercise intensity, cravings, and inhibitory control in methamphetamine dependence: An ERPs study [J]. *Drug Alcohol Depend*, 2016, 161: 331-339.
- [12] Chang Y K, Chu C H, Wang C C, et al. Dose-response relation between exercise duration and cognition. [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2015, 47 (1): 159-65.
- [13] Hillman C H, Snook E M, Jerome G J. Acute cardiovascular exercise and executive control function [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2003, 48 (3): 307-314.
- [14] Benjamin A. Sibley, Jennifer L. Etner, Guy C. Le Masurier. Effects of an Acute Bout of Exercise on Cognitive Aspects of Stroop Performance [J]. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 2006, 28 (3).
- [15] 陈爱国, 殷恒婵, 颜军, 杨钰. 不同强度短时有氧运动对执行功能的影响[J]. *心理学报*, 2011, 43(09): 1055-1062.
- [16] 李琳, 季浏. 短时中等强度功率自行车运动对大学生完成执行功能任务的影响[J]. *沈阳体育学院学报*, 2014, 33(06): 108-112.
- [17] 贡小波. 太极拳锻炼对大学生执行功能影响实验研究[D]. *天津体育学院*, 2016.
- [18] 崔洁. 长时抗阻运动对女大学生执行功能的影响[D]. *华东师范大学*, 2017.
- [19] 郭旺. 有氧运动中不同运动强度组合方式对大学生执行功能的影响[D]. *首都体育学院*, 2020.
- [20] 李琳, 崔洁, 项琪, 付慧. 8周不同类型的运动对女大学生执行功能的影响[J]. *中国运动医学杂志*, 2020, 39(10): 810-816.
- [21] NETZ Y, ABU-RUKUN M, TSUK S, et al., 2016. Acute aerobic activity enhances response inhibition for less than 30 min [J]. *BrainCogn*, 109: 59-65.
- [22] McSween Marie-Pier, Coombes Jeff S, MacKay Christopher P, Rodriguez Amy D, Erickson Kirk I, Copland David A, McMahon Katie L. The Immediate Effects of Acute Aerobic Exercise on Cognition in Healthy Older Adults: A Systematic Review. [J]. *Sports medicine (Auckland, N. Z.)*, 2019, 49 (1).
- [23] Angevaren M. Physical activity and enhance fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive [J]. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2008, 31 (2): 472-479.
- [24] 刘俊一. 有氧体育锻炼对大学生执行功能的积极性影响: fMRI研究的探索 [J]. *北京体育大学学报*, 2014, 37(3): 77-83.
- [25] Netz Y, Tomer R, Axelrad et al. The effect of a single aerobic training session on cognitive flexibility in late middle-aged adults [J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2007, 28 (1): 82-87.
- [26] Byun K, Hyodo K, Suwabe K, et al. Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. [J]. *Neuroimage*, 2014, 98: 336-345.
- [27] Audiffren M, N André. The strength model of self-control revisited: Linking acute and chronic effects of exercise on executive functions [J]. *Journal of Sport and Health Science*, 2015, 4 (1): 30-46.
- [28] Charles H, Hillman EM, Snook GJ, et al. Acute cardiovascular exercise and executive control function [J]. *International Journal of Psychophysiology*, 2003, 48 (3): 307-314.
- [29] Yanagisawa H, Dan I, Tsuzuki D, et al. Acute moderate exercise elicits increased dorsolateral prefrontal activation and improves cognitive performance with stroop test [J]. *Neuro Image*, 2010, 50 (4): 1702-1710.
- [30] Shan I K, Chen Y S, Lee Y C, et al. Adult Normative Data of the Wisconsin Card Sorting Test in Taiwan [J]. *Journal of the Chinese Medical Association*, 2008, 71 (10): 517-522.
- [31] 殷恒婵, 陈爱国, 马铮, 等. 两种运动干预方案对小学生执行功能影响的追踪研究 [J]. *体育科学*, 2014, 34(3): 24-28.