

不同类型中等强度有氧运动对青少年执行功能的急性影响

关天明 曹嘉玲 章艾晴

广州大学教育学院, 广州

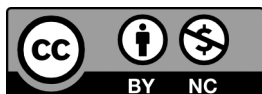
摘要 | 本研究旨在探讨不同类型的中等强度有氧运动对青少年执行功能的短期影响, 重点比较协调性运动(有氧操)与耐力运动(慢跑)在抑制功能与认知灵活性方面的改善效果。研究以76名初中生为被试, 采用Flanker任务与More-Odd Shifting任务分别测量抑制功能与认知灵活性。结果表明, 有氧操组在运动干预后Flanker任务反应时显著缩短, 表现出一般性改善; 在More-Odd Shifting混合转换阶段的转换成本(Switch Cost)亦显著降低, 支持选择性改善假说。相比之下, 慢跑组未显示出显著的认知改善, 甚至在某些指标上表现低于对照组。研究结果表明, 协调性运动对需要更高认知资源的执行功能任务具有更显著的促进作用。本研究不仅拓展了运动认知研究的年龄范围, 也为青少年认知干预提供了理论支持与实践路径。

关键词 | 有氧运动; 协调性运动; 执行功能; 抑制功能; 认知灵活性; 青少年

Copyright © 2026 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



执行功能是个体对思想、行为和情绪进行自上而下调控的一组核心认知能力, 通常包括抑制功能、工作记忆和认知灵活性三个相互关联但又相对独立的成分(Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000)。其中, 抑制功能是指抑制无关刺激或优势反应的能力, 工作记忆是指个体在短时间内暂时存储和操作信息的能力, 认知灵活性则是在不同任务规则或心理表征之间进行切换的能力, 其发展依赖于抑制功能和工作记忆(Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012; Miyake et al., 2000)。执行功能不仅是个体完成复杂认知活动的重要基础, 也与学业表现、社会适应和心理健康密切相关, 因此, 寻找促进执行功能的有效方式具有重要意义。已有研究表明, 单次有氧运动是改善执行功能

的有效手段之一。运动干预能够促进与前额叶相关的神经活动, 并提升执行控制任务表现(Y.-K. Chang et al., 2012)。然而, 现有研究更多聚焦于老年群体或成人个体, 老年人的执行功能处于衰退阶段, 在中等强度的单次运动后, 健康老年人的抑制功能和工作记忆得到了显著的改善(Martini et al., 2024)。然而, 针对青少年的研究相对有限。青少年阶段是执行功能快速发展的关键时期, 这一时期前额叶皮层仍处于持续成熟过程中, 因此, 探讨有氧运动对青少年执行功能的促进作用, 具有重要的理论与实践价值。

在青少年运动干预研究中, 已有工作多采用慢跑、骑行等耐力运动。此类运动主要以节律较稳定、动作模式相对自动化的持续性活动为主, 通常用于提高心肺功

作者简介: 关天明, 广州大学教育学院心理学专业在读研究生, 研究方向: 具身认知。

文章引用: 关天明, 曹嘉玲, 章艾晴. (2026). 不同类型中等强度有氧运动对青少年执行功能的急性影响. *中国心理学前沿*, 8(3), 373-380.

<https://doi.org/10.35534/pc.0803058>

能和整体耐力水平 (Altermann & Gröpel, 2023; Budde et al., 2008)。例如, 郭晓意等人发现, 30分钟功率自行车运动后, 被试的抑制功能和工作记忆表现得到改善 (Kuo et al., 2024)。相比之下, 协调性运动在相关研究中受到的关注较少。协调性运动通常要求多个身体部位协同参与, 并在动作执行过程中不断进行调整、监控和切换, 因此包含更高水平的认知参与 (Egan et al., 2007; Caterina Pesce, 2012)。已有研究指出, 协调性运动能够激活与认知控制相关的脑区, 尤其是前额叶皮层, 并可能对执行功能产生更显著的促进作用 (Budde et al., 2008; Zhang et al., 2020)。与协调性运动相比, 耐力运动对动作控制的即时调节要求相对较低, 更多依赖较为稳定和自动化的运动模式。尽管耐力运动同样能够通过增加脑血流、氧供应以及调节儿茶酚胺和脑源性神经营养因子等机制促进认知功能 (Altermann & Gröpel, 2023; Y. K. Chang et al., 2012; McMorris et al., 2016), 但协调性运动由于包含更强的认知参与和更高的执行控制需求, 可能在运动过程中对相关脑区产生更强的预激活, 从而带来更优的认知收益。

除了运动类型之外, 有氧运动的强度也会对执行功能的改善造成影响。已有研究发现, 中等强度的有氧运动对执行功能的改善效果更佳 (Heath & Shukla, 2020; Petrella et al., 2019; Samani & Heath, 2018)。中等强度有氧运动的定义为最大心率50%~70%的运动。因此在本研究中将采用中等强度的运动干预, 以尽可能获得较大程度的执行功能改善效果。

有氧操是一种具有代表性的协调性运动形式。在运动过程中, 参与者需要根据节奏变化持续调整动作, 抑制无关反应, 并在不同动作之间进行转换, 因此对注意控制、动作切换和反应抑制提出了较高要求。相较于认知参与程度较低的运动形式, 这类高协调需求运动可能对执行功能产生更强的促进作用 (Best, 2010; C. Pesce, 2012)。

基于此, 本研究旨在比较中等强度协调性运动 (有氧操) 与耐力运动 (慢跑) 对青少年执行功能的急性影响, 重点测量在抑制功能和认知灵活性方面的差异。研究采用Flanker任务测量抑制功能, 采用More-Odd Shifting任务测量认知灵活性。假设: 有氧操与慢跑均可能促进青少年的抑制功能和认知灵活性, 但由于有氧操具有更高的认知参与需求和更强的前额叶预激活效应, 其改善效果可能优于慢跑。

1 研究对象与方法

1.1 被试

本研究以广州某初中一年级学生为研究对象, 共纳入76名被试, 其中有氧操组24人 (男性: 15人; 女性: 9人), 慢跑组20人 (男性: 17人; 女性: 3人), 控制组32人 (男性: 20人; 女性: 12人)。

数据清理以任务正确率为标准: 在Flanker任务中剔除正确率低于50%的被试后, 最终纳入64名被试进行分析, 其中有氧操组21人 (男性13人; 女性8人), 慢跑组17人 (男性15人; 女性2人), 控制组26人 (男性17人; 女性9人); 在More-Odd Shifting任务中采用相同剔除标准, 最终纳入69名被试进行分析其中有氧操组21人 (男性: 13人; 女性8人), 慢跑组17人 (男性14人; 女性3人), 控制组31人 (男性: 19人; 女性12人)。由于两项任务有效数据不同, 统计分析均在各任务有效样本内分别进行。

1.2 实验程序

实验在学校内进行, 分两天完成。第一天收集被试年龄、身高和体重信息, 计算身体质量指数 (BMI), 并采用体育活动等级量表 (PARS-3) 评估近一个月的身体活动水平。第二天首先完成Flanker任务和More-Odd Shifting任务前测, 随后分别接受35 min干预: 有氧操组完成5 min热身、25 min中等强度有氧操和5 min拉伸; 慢跑组完成5 min热身、25 min中等强度慢跑和5 min拉伸; 控制组在安静环境下观看35 min纪录片。干预结束后, 所有被试完成两项任务后测。干预过程中随机抽取部分运动组被试佩戴心率仪, 以监测运动强度并确保其处于中等强度范围 (最大心率的60%~70%, 最大心率=220-年龄)。

1.3 Flanker任务

采用改良版Flanker任务测量抑制功能 (Eriksen & Eriksen, 1974)。任务包含一致条件和不一致条件, 被试需尽可能快速、准确地判断中央箭头方向, 并分别按“F”键或“J”键作答。每个试次先呈现500ms注视点, 随后呈现2000ms箭头刺激, 之后为空屏1000ms。一致条件下中央箭头与两侧箭头方向相同, 不一致条件下方向相反。正式实验共64个试次, 含12个练习试次, 两类任务出现概率相同。记录反应时和正确率作为行为指标。

1.4 More-Odd Shifting任务

采用More-Odd Shifting任务测量认知灵活性。任务包括大小判断、奇偶判断和转换任务三种形式, 刺激为除5之外的数字1~9。每个试次先呈现800 ms注视点, 随后呈现数字刺激, 被试需尽可能快速、准确地作答, 之后为空屏800 ms。黑色数字要求进行大小判断 (小于5按F键, 大于5按J键), 绿色数字要求进行奇偶判断 (奇数按F键, 偶数按J键)。前两种单一规则任务统称为不转换任务。正式实验包括3个block: 大小判断16试次、奇偶判断16试次、转换任务32试次; 另设练习试次。在转换任务中, 两种规则随机呈现, 并根据相邻试次之间任务规则是否发生变化, 将试次划分为转换试次和不转换试次。由于混合block的首个试次缺少前序参照, 因此不纳入该分类统计。记录反应时和正确率作为行为指标。

1.5 数据分析

心率仅用于监测运动强度。运动组中采用随机抽

样方式选取部分被试佩戴心率仪，记录主运动阶段（25 min）的心率，最终纳入心率分析的有效样本为有氧操组19人、慢跑组10人。

在反应时分析前，剔除错误试次、反应时低于150 ms的试次，以及任务正确率低于50%的个体。采用单因素方差分析比较三组在BMI和运动量上的差异，采用独立样本t检验比较有氧操组与慢跑组的心率差异。

行为数据包括反应时和正确率，均采用重复测量方差分析。对Flanker任务的反应时和正确率分别进行3（组别：有氧操组、慢跑组、控制组）×2（时间：前测、后测）×2（任务类型：一致任务、不一致任务）重复测量方差分析，其中组别为组间变量，时间和任务类型为组内变量。对More-Odd Shifting任务的反应时和正确率分别进行3（组别：有氧操组、慢跑组、控制组）×2（时间：前测、后测）×2（任务类型：转换任务、不转换任务）重复测量方差分析，其中组别为组间变量，时间和任务类型为组内变量。

此外，分别以转换试次减去不转换试次，计算More-Odd Shifting任务中反应时和正确率的转换成本（Switch Cost），并采用3（组别：有氧操组、慢跑组、控制组）×2（时间：前测、后测）重复测量方差分析进行检验，其中组别为组间变量，时间为组内变量。转换成本越小，表明任务切换代价越低。

当交互作用显著时，进一步进行简单效应分析和事后两两比较，并采用Bonferroni校正控制多重比较导致的第一类错误率。效应量报告偏η平方（partial eta squared, η_p^2 ），显著性水平设为 $p < 0.05$ 。

2 结果

2.1 被试基线特征及运动强度

对各组被试的BMI、运动量及心率进行比较。结果显示，三组在BMI上差异不显著， $F(2, 60) = 0.80, p = 0.45$ ；三组在运动量上差异亦不显著， $F(2, 64) = 1.72, p = 0.19$ 。对随机抽取佩戴心率仪的运动组子样本进行独立样本t检验，结果显示，有氧操组与慢跑组在主运动阶段心率差异不显著， $t(27) = -1.83, p = 0.08$ ，表明三组基线具有可比性，且两种运动干预的强度匹配良好。

表1 各组被试基线特征与运动强度的描述统计及差异检验结果 ($M \pm SD$)

变量	p 值			
	有氧操	慢跑	控制组	
BMI (kg/m^2)	18.19 ± 3.22	19.56 ± 3.82	19.38 ± 4.13	0.45
运动量	44.75 ± 25.93	34.85 ± 20.94	49.22 ± 27.75	0.19
HR (beats/min)	142.92 ± 9.60	150.74 ± 13.17	-	0.08

2.2 Flanker任务

2.2.1 反应时

对Flanker任务反应时进行3（组别：有氧操组、慢跑组、控制组）×2（时间：前测、后测）×2（任务类型：一致任务、不一致任务）重复测量方差分析。结果显示，组别与时间的交互作用显著， $F(2, 60) = 6.04, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.17$ ，事后检验表明，有氧操组后测反应时显著短于前测， $t(60) = 3.21, p = 0.03$ ；慢跑组和控制组前后测差异均不显著。任务类型主效应显著， $F(1, 60) = 135.85, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.69$ ，一致任务反应时显著短于不一致任务。

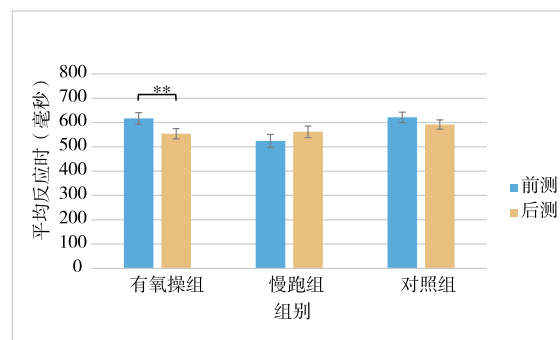


图1 组别×时间交互作用图

Figure 1 Interaction effect of group × time

2.2.2 正确率

对Flanker任务正确率进行重复测量方差分析。结果显示，组别与任务类型的交互作用显著， $F(2, 60) = 4.60, p = 0.01, \eta_p^2 = 0.13$ 。事后检验表明，在不一致任务中，慢跑组正确率显著低于有氧操组， $t(60) = -3.14, p < 0.05$ 。任务类型主效应显著， $F(1, 60) = 39.31, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.40$ ，一致任务正确率显著高于不一致任务。

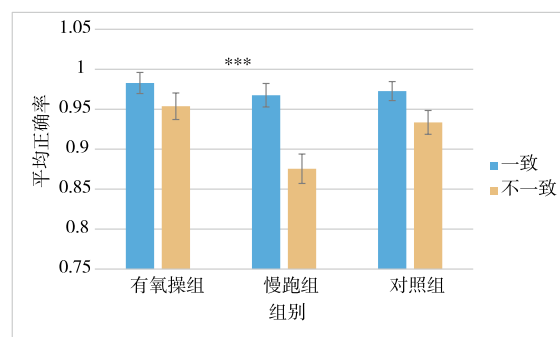


图2 组别×任务类型交互作用图

Figure 2 Interaction effect of group × task type

2.3 More-Odd Shifting 任务

2.3.1 反应时

对 More-Odd Shifting 任务反应时进行 3 (组别) × 2 (时间) × 2 (任务类型: 转换任务、不转换任务) 重复测量方差分析。结果显示, 组别与时间交互作用显著, $F(2, 66) = 4.69, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.12$; 时间与任务类型交互作用显著, $F(1, 66) = 52.76, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.44$; 组别与任务类型交互作用显著, $F(2, 66) = 12.36, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.27$; 组别、时间与任务类型的三重交互作用亦显著, $F(2, 66) = 6.91, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.17$ 。

进一步分析表明, 在有氧操组中, 转换任务后测反应时显著短于前测, $t(20) = -3.78, p < 0.01$, 而不转换任务后测反应时显著长于前测, $t(20) = -8.07, p < 0.01$; 在慢跑组中, 仅任务类型主效应显著, 不转换任务反应时显著短于转换任务, $t(16) = -5.65, p < 0.01$; 在控制组中, 转换任务后测反应时显著短于前测, $t(30) = -3.93, p < 0.01$, 而不转换任务前后测差异不显著。总体上, 转换任务反应时显著长于不转换任务, $F(1, 66) = 205.98, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.76$; 组别主效应显著, $F(2, 66) = 19.05, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.37$ 。

2.3.2 反应时转换成本

对 More-Odd Shifting 任务反应时转换成本进行 3 (组别) × 2 (时间) 重复测量方差分析。结果显示, 组别与时间的交互作用显著, $F(2, 66) = 6.91, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.17$ 。有氧操组后测转换成本显著低于前测, $t(66) = -6.98, p < 0.01$; 控制组后测转换成本也显著低于前测, $t(66) = -4.80, p < 0.01$; 慢跑组前后测差异不显著。时间主效应显著, $F(1, 66) = 52.76, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.44$, 后测转换成本整体低于前测; 组别主效应显著, $F(2, 66) = 12.36, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.27$, 有氧操组和慢跑组的转换成本均显著低于控制组。此外, 后测中有氧操组转换成本显著低于控制组, $t(66) = -4.32, p < 0.01$ 。

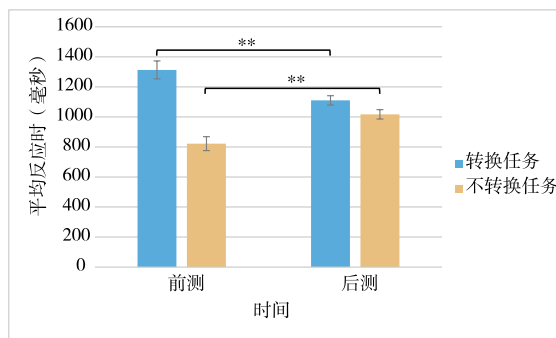


图3 有氧操组

Figure 3 Aerobic-dance group

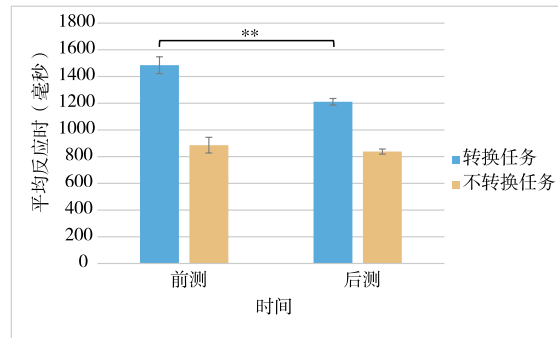


图4 对照组

Figure 4 Control group

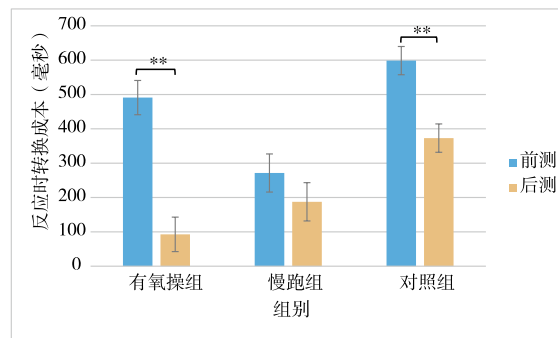


图5 More-Odd Shifting任务反应时转换成本

Figure 5 Reaction time switch cost in the more-odd shifting task

2.3.3 正确率

对 More-Odd Shifting 任务正确率进行重复测量方差分析。结果显示, 组别与任务类型的交互作用显著, $F(2, 66) = 3.25, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.09$ 。事后检验表明, 慢跑组在转换任务中的正确率显著低于不转换任务, $t(66) = -5.03, p < 0.01$, 且显著低于控制组在转换任务中的正确率, $t(66) = -3.08, p < 0.05$ 。组别主效应显著, $F(2, 66) = 4.08, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.11$, 慢跑组整体正确率显著低于控制组; 时间主效应显著, $F(1, 66) = 36.78, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.36$, 后测正确率高于前测; 任务类型主效应显著, $F(1, 66) = 36.78, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.36$, 转换任务正确率低于不转换任务。

2.3.4 正确率转换成本

对 More-Odd Shifting 任务正确率转换成本进行 3 (组别) × 2 (时间) 重复测量方差分析。结果显示, 仅组别主效应显著, $F(2, 66) = 3.25, p < 0.05, \eta_p^2 = 0.09$, 慢跑组转换成本显著小于控制组。

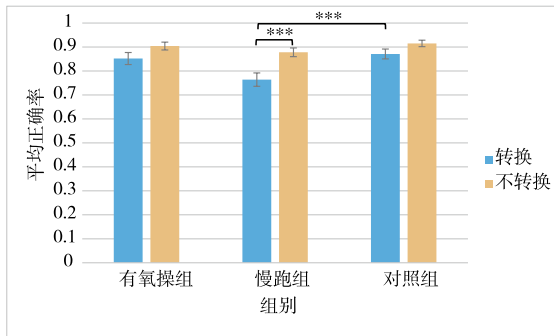


图6 组别×任务类型交互作用图

Figure 6 Interaction effect of group × task type

3 讨论

本研究采用 Flanker 任务和 More-Odd Shifting 任务，考察了中等强度有氧操与慢跑对青少年抑制功能和认知灵活性的急性影响。结果表明，有氧操组在 Flanker 任务中后测反应时显著缩短，表明抑制功能得到改善；在 More-Odd Shifting 任务中，有氧操组的反应时转换成本显著降低，表明其对认知灵活性也具有促进作用。相比之下，慢跑组未表现出稳定的认知改善。总体而言，本研究支持协调性运动较耐力运动对青少年执行功能具有更显著的急性促进作用。

3.1 有氧运动对抑制功能的影响

本研究发现，经过 35 min 中等强度有氧操干预后，有氧操组在 Flanker 任务中的反应时显著缩短，这与既往关于单次协调性运动能够改善抑制功能的研究结果一致 (Alesi et al., 2016; Budde et al., 2008; Chang, Hung, et al., 2014; Chang et al., 2013; Zhang et al., 2020)。进一步分析显示，有氧操组在一致任务和不一致任务中的改善模式并无显著差异，表明该促进作用并不局限于高冲突条件，而更接近于对抑制控制的整体性促进，这一结果与“一般改善假说”一致 (Aly & Kojima, 2020; Chang et al., 2017; Chang, Chi, et al., 2014; Chang et al., 2015; Lichtman & Poser, 1983)。同时，有氧操组在反应时下降的同时并未出现正确率下降，因此该改善不太可能仅由速度-准确性权衡所致。

相比之下，慢跑组在 Flanker 任务中未表现出显著改善。造成这一结果的一个可能原因是，35 min 的耐力运动对正常青少年而言可能偏长，运动带来的改善效果被长时间运动引发的身心疲劳所抵消。根据自我控制力量模型，自我控制依赖有限的认知资源，资源的持续消耗可能削弱后续执行任务的表现 (Audiffren & André, 2015; Baumeister et al., 2006)。因此，在本研究条件下，慢跑未能表现出与有氧操相似的促进效应，提示单次运动的认知收益不仅取决于运动强度，也可能受到运动类型和持续时长共同影响。

3.2 有氧运动对认知灵活性的影响

在认知灵活性方面，有氧操组在转换任务中的反应时以及反应时转换成本均表现出显著改善，而这种改善并未同等出现在不转换任务中，说明协调性运动对认知灵活性的促进具有一定选择性，更集中体现在对高认知需求任务的促进上。这一结果与“选择性改善假说”一致，即单次运动对认知需求更高的执行功能成分具有更明显的促进作用 (Hillman et al., 2003; McMorris & Hale, 2012)。

慢跑组在认知灵活性指标上未显示出明确改善，且在部分正确率指标上低于对照组，这与部分既往研究结果并不一致 (Mou et al., 2023; Netz, 2010; Shi et al., 2022)。一种可能解释是，慢跑组在前测中反应时已相对较短，后测改善空间有限；另一种可能解释是，慢跑组在部分条件下可能表现出速度-准确性权衡，从而导致正确率下降而反应时未显著改善。此外，对照组在转换任务后测中的反应时下降，也提示该任务中可能存在一定练习效应。因此，对于认知灵活性结果应更谨慎地理解为：有氧操相较于慢跑，更可能促进高切换需求条件下的行为表现，但这种促进作用仍需控制练习效应后进一步验证。

有氧操优于慢跑的另一个重要原因，可能在于两类运动在认知参与程度上的差异。协调性运动通常包含更高水平的动作监控、规则切换和资源分配需求，而慢跑在达到稳定节奏后则更趋于自动化 (Best, 2010, 2015; Caterina Pesce, 2012; Tomporowski et al., 2008)。在有氧操过程中，个体需要根据节奏变化不断调整动作序列，并抑制无关反应，这些过程本身就涉及对抑制功能和认知灵活性的持续调用。因此，由于耐力运动相比，协调性运动可能通过更高水平的认知刺激，对后续执行功能任务产生更强的促进作用。

3.3 单次有氧运动改善执行功能的可能机制

单次有氧运动改善执行功能的机制，可能同时涉及一般性的生理唤醒提升和神经可塑性相关的生化变化。根据唤醒假说，运动能够提高自主神经活动水平，增加脑血流和氧气供应，进而优化认知资源分配，提高信息加工效率 (Aly & Kojima, 2020; STORK et al., 2018; Tian et al., 2021; Tsukamoto et al., 2016; Wu et al., 2019)。ERP 研究也发现，中等强度有氧运动后 P300 波幅增大、潜伏期缩短，表明刺激评估和注意资源分配过程得到改善 (Aly & Kojima, 2020; Polich, 2007)。此外，运动还可能通过促进 BDNF 等神经营养因子变化影响学习与神经可塑性 (Hennigan et al., 2007; Loprinzi et al., 2013; Tyler et al., 2002)。不过，现有研究对于血清 BDNF 变化与执行功能改善之间的对应关系并不完全一致，因此本研究更倾向于将其视为一种可能机制，而非直接证据。

3.4 不足与展望

本研究仍存在若干局限。首先, More-Odd Shifting 任务中的转换试次与不转换试次采用随机呈现, 不同被试经历的转换次数可能存在差异, 这可能影响结果的稳定性, 未来可采用固定交替或更严格平衡的呈现方式。其次, 慢跑组男女比例不均衡, 性别因素可能对结果造成潜在影响, 后续研究可进一步平衡样本构成。再次, 本研究在下午放学后进行, 被试可能受到学习后的认知和身体疲劳影响。尽管三组测试时间一致, 这种影响在组间应大致相同, 但仍可能降低整体表现水平。尽管如此, 本研究仍为协调性运动促进正常青少年执行功能提供了证据, 并将相关研究对象从特殊群体扩展到普通青少年。未来可结合脑电、fMRI 等技术, 进一步揭示不同运动类型影响执行功能的神经机制。

参考文献

- [1] Alesi M, Bianco A, Luppina G, Palma A & Pepi A. (2016). Improving children's coordinative skills and executive functions: the effects of a football exercise program. *Perceptual and Motor Skills*, 122(1), 27–46.
- [2] Altermann W & Gröpel P. (2023). Effects of acute endurance, strength, and coordination exercise interventions on attention in adolescents: A randomized controlled study. *Psychology of Sport and Exercise*, 64, 102300.
- [3] Aly M & Kojima H. (2020). Acute moderate-intensity exercise generally enhances neural resources related to perceptual and cognitive processes: A randomized controlled ERP study. *Mental Health and Physical Activity*, 19, 100363.
- [4] Audiffren M & André N. (2015). The strength model of self-control revisited: Linking acute and chronic effects of exercise on executive functions. *Journal of Sport and Health Science*, 4(1), 30–46.
- [5] Baumeister R F, Gailliot M, DeWall C N & Oaten M. (2006). Self-regulation and personality: how interventions increase regulatory success, and how depletion moderates the effects of traits on behavior. *J Pers*, 74(6), 1773–1801.
- [6] Best J R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331–351.
- [7] Best J R. (2015). Exergaming in youth. *Zeitschrift für Psychologie*.
- [8] Budde H, Voelcker-Rehage C, Pietraßyk-Kendziorra S, Ribeiro P & Tidow G. (2008). Acute coordinative exercise improves attentional performance in adolescents. *Neuroscience Letters*, 441(2), 219–223.
- [9] Chang Y K, Alderman B L, Chu C H, Wang C C, Song T F & Chen F T. (2017). Acute exercise has a general facilitative effect on cognitive function: A combined ERP temporal dynamics and BDNF study. *Psychophysiology*, 54(2), 289–300.
- [10] Chang Y K, Chi L, Etnier J L, Wang C C, Chu C H & Zhou C. (2014). Effect of acute aerobic exercise on cognitive performance: Role of cardiovascular fitness. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(5), 464–470.
- [11] Chang Y K, Chu C H, Wang C C, Song T F & Wei G X. (2015). Effect of acute exercise and cardiovascular fitness on cognitive function: An event-related cortical desynchronization study. *Psychophysiology*, 52(3), 342–351.
- [12] Chang Y K, Hung C L, Huang C J, Hatfield B D & Hung T M. (2014). Effects of an aquatic exercise program on inhibitory control in children with ADHD: a preliminary study. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 29(3), 217–223.
- [13] Chang Y K, Labban J D, Capin J I & Etnier J L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: a meta-analysis. *Brain research*, 1453, 87–101.
- [14] Chang Y K, Tsai Y J, Chen T T & Hung T M. (2013). The impacts of coordinative exercise on executive function in kindergarten children: an ERP study. *Experimental Brain Research*, 225(2), 187–196.
- [15] Chang Y K, Labban J D, Capin J I & Etnier J L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain research*, 1453, 87–101.
- [16] Diamond A. (2013). Executive functions. *Annu Rev Psychol*, 64, 135–168.
- [17] Egan C D, Verheul M H & Savelsbergh G J. (2007). Effects of experience on the coordination of internally and externally timed soccer kicks. *Journal of Motor behavior*, 39(5), 423–432.
- [18] Eriksen B A & Eriksen C W. (1974). Effects of noise letters upon the identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & psychophysics*, 16(1), 143–149.
- [19] Heath M & Shukla D. (2020). A single bout of aerobic exercise provides an immediate “boost” to cognitive flexibility. *Frontiers in Psychology*, 11, 1106.
- [20] Hennigan A, O'callaghan R & Kelly A. (2007). *Neurotrophins and their receptors: roles in plasticity, neurodegeneration and neuroprotection*. Portland Press Ltd.
- [21] Hillman C H, Snook E M & Jerome G J. (2003). Acute cardiovascular exercise and executive control function. *International Journal of Psychophysiology*, 48(3), 307–314.
- [22] Kuo H I, Sun J L, Nitsche M & Chang J C. (2024). An investigation of the acute effects of aerobic exercise on executive function and cortical excitability in adolescents

- with attention deficit hyperactivity disorder (ADHD). *European Child & Adolescent Psychiatry*, 33(12), 4169–4183.
- [23] Lichtman S & Poser E G. (1983). The effects of exercise on mood and cognitive functioning. *Journal of Psychosomatic Research*, 27(1), 43–52.
- [24] Loprinzi P D, Herod S M, Cardinal B J & Noakes T D. (2013). Physical activity and the brain: a review of this dynamic, bi-directional relationship. *Brain research*, 1539, 95–104.
- [25] Martini M, Enoch J & Kramer A F. (2024). The effects of a short exercise bout on executive functions in healthy older adults. *Scientific Reports*, 14(1), 28827.
- [26] McMorris T & Hale B J. (2012). Differential effects of differing intensities of acute exercise on speed and accuracy of cognition: A meta-analytical investigation. *Brain and Cognition*, 80(3), 338–351.
- [27] McMorris T, Turner A, Hale B J & Sproule J. (2016). Chapter 4 – Beyond the Catecholamines Hypothesis for an Acute Exercise–Cognition Interaction: A Neurochemical Perspective. In T. McMorris (Ed.), *Exercise–Cognition Interaction* (pp. 65–103). Academic Press.
- [28] Miyake A & Friedman N P. (2012). The Nature and Organization of Individual Differences in Executive Functions: Four General Conclusions. *Curr Dir Psychol Sci*, 21(1), 8–14.
- [29] 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(1), 49–100.
- [30] Mou H, Tian S, Yuan Y, Sun D & Qiu F. (2023). Effect of acute exercise on cognitive flexibility: Role of baseline cognitive performance. *Mental Health and Physical Activity*, 25, 100522.
- [31] Netz Y. (2010). Dissociation between the facilitative effect of acute exercise on feeling states and on cognitive flexibility. *International Journal of Sport Psychology*, 41(2), 134.
- [32] Pesce C. (2012). Shifting the focus from quantitative to qualitative exercise characteristics in exercise and cognition research. *J Sport Exerc Psychol*, 34(6), 766–786.
- [33] Pesce C. (2012). Shifting the Focus From Quantitative to Qualitative Exercise Characteristics in Exercise and Cognition Research. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 766–786.
- [34] Petrella A F, Belfry G & Heath M. (2019). Older adults elicit a single-bout post-exercise executive benefit across a continuum of aerobically supported metabolic intensities. *Brain research*, 1712, 197–206.
- [35] Polich J. (2007). Updating P300: an integrative theory of P3a and P3b. *Clin Neurophysiol*, 118(10), 2128–2148.
- [36] Samani A & Heath M. (2018). Executive-related oculomotor control is improved following a 10-min single-bout of aerobic exercise: Evidence from the antisaccade task. *Neuropsychologia*, 108, 73–81.
- [37] Shi B, Mou H, Tian S, Meng F & Qiu F. (2022). Effects of acute exercise on cognitive flexibility in young adults with different levels of aerobic fitness. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15), 9106.
- [38] Stork M J, Gibala M J & Martin Ginis K A. (2018). Psychological and Behavioral Responses to Interval and Continuous Exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(10), 2110–2121.
- [39] Tian S, Mou H, Fang Q, Zhang X, Meng F & Qiu F. (2021). Comparison of the Sustainability Effects of High-Intensity Interval Exercise and Moderate-Intensity Continuous Exercise on Cognitive Flexibility. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18), 9631.
- [40] 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(2), 111–131.
- [41] Tsukamoto H, Suga T, Takenaka S, Tanaka D, Takeuchi T, Hamaoka T, Isaka T & Hashimoto T. (2016). Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. *Physiology & Behavior*, 155, 224–230.
- [42] Tyler W J, Alonso M, Bramham C R & Pozzo-Miller L D. (2002). From acquisition to consolidation: on the role of brain-derived neurotrophic factor signaling in hippocampal-dependent learning. *Learning & memory*, 9(5), 224–237.
- [43] Wu C H, Karageorghis C I, Wang C C, Chu C H, Kao S C, Hung T M & Chang Y K. (2019). Effects of acute aerobic and resistance exercise on executive function: An ERP study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(12), 1367–1372.
- [44] Zhang L, Chu C H, Liu J H, Chen F T, Nien J T, Zhou C & Chang Y K. (2020). Acute coordinative exercise ameliorates general and food-cue related cognitive function in obese adolescents. *Journal of Sports Sciences*, 38(8), 953–960.

Acute Effects of Different Types of Moderate-intensity Aerobic Exercise on Executive Functions in Adolescents

Guan Tianming Cao Jialing Zhang Aiqing

School of Education (Teachers College), Guangzhou University, Guangzhou

Abstract: This study investigated the acute effects of different types of moderate-intensity aerobic exercise on adolescents' executive functions, with a specific focus on comparing coordinative exercise (aerobic dance) and endurance exercise (jogging) in their potential benefits for inhibitory control and cognitive flexibility. Seventy-six middle-school students completed a Flanker task and a More-Odd Shifting task to assess inhibitory control and cognitive flexibility, respectively, before and after a single exercise session. Results showed that the aerobic-dance group exhibited significantly faster reaction times on the Flanker task post-intervention, indicating a general facilitative effect. In addition, the aerobic-dance group demonstrated a significantly reduced switch cost during the mixed-switching block of the More-Odd Shifting task, supporting the selective improvement hypothesis. In contrast, the jogging group did not show reliable cognitive benefits and, on some indices, performed worse than the control group. These findings suggest that coordinative exercise may yield stronger short-term enhancements of executive functions than more automated endurance exercise, potentially due to greater cognitive engagement and higher demands on executive control. This study extends evidence on exercise-cognition relations to adolescent populations and offers theoretical and practical implications for designing exercise-based cognitive interventions in youth.

Key words: Aerobic exercise; Coordinative movement; Executive function; Inhibitory control; Cognitive flexibility; Adolescents