

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：体感游戏促进儿童执行功能：运动强度和认知参与的作用

作者：盖笑松 许洁 闫艳 王元 谢笑春

第一轮

审稿人 1 的意见:

意见 1: 首先, 在前言部分, 需要分析促进作用的认知机制。仅仅概括各种训练结果, 只是说明了表面现象;

回应: 针对促进作用的认知机制, 在前言部分第六段更详细阐述了体感游戏中认知机制的作用。修改内容如下: “之所以认知参与能够促进儿童执行功能, 首先是因为有挑战的环境能够提高认知能力, 并且改变大脑相应结构(Adcock et al., 2020)。其次, 根据认知刺激假说, 活动中的认知参与激活了与控制高阶认知过程相关的大脑区域(Benzing & Schmidt, 2019)。”

意见 2:其次, 实验分组没有说清楚, 例如每组多少人, 中途流失的 8 人来自哪些组等;

回应: 感谢专家的重要提醒。在修改稿中详细补充了说明如下:

“在训练期间“高运动强度+低认知参与”组、“低运动强度+低认知参与”组分别有 5 名、3 名儿童中途转园, 无法完成后续训练和测验。最终纳入分析的有效被试共有 122 名, 平均年龄 $M = 68.29(SD = 5.98)$, “高运动强度+高认知参与”、“高运动强度+低认知参与”、“低运动强度+低认知参与”、“低运动强度+低认知参与”各组人数分别是 32 人、28 人、30 人、30 人。”

意见 3:再次, 方差分析的比较原始的输出结果不用报告在文章中;

回应: 根据专家的要求, 我们将方差分析的比较原始输出结果改为用文字进行描述, 例如: 文中 3.2.1, 运动强度和认知参与对儿童工作记忆的影响部分, 改为: 工作记忆的测量时间 $Time$ 主效应显著, $F(2, 236) = 29.01, p < 0.001, \eta^2 = 0.20$ 。经过事后检验发现长期训练的工作记忆显著好于第一次训练后测, 长期训练后测和第一次训练的工作记忆显著好于前测。工作记忆的运动强度的主效应显著 $F(1, 118) = 4.96, p = 0.028, \eta^2 = 0.04 \cdots$

意见 4:3.2 关于各组的差异分析以及 3.3 运动强度和认知参与对儿童执行功能的影响的分析, 似乎是重复的。

回应: 感谢审稿人的重要指导, 我们将 3.2 和 3.3 进行了合并, 把 3.2 的重要统计分析和需要用到的图融入到 3.3 中。

意见 A5:目前的实验设计重在条件之间的比较上。在 3.2 中就需要揭示交互作用, 否则数据报告是不全面的。如果每一组都进相同的进步, 显然可能来自其他的与训练无关因素的作用。

回应: 首先, 我们用前测进行了差异比较, 发现四组儿童的执行功能各核心成分没有差异。其次, 我们进行了 2 (运动强度) $\times 2$ (认知参与) $\times 3$ (测量时间 $Time$) 方差分析, 对于交互作用显著的变量, 分析了交互作用, 并扩展了交互作用的效应分析。其中以工作记忆的 $Time$ 和运动强度的交互作用为例, 我们发现 $F(2, 236) = 5.83, p = 0.044, \eta^2 = 0.03$, 进一步进行简单效应分析, 在第一次训练后和长期训练后, 高运动强度的工作记忆高于低运动强度的工作记忆(见图 4)。这说明参加儿童在参加高运动强度的体感游戏后, 不论是参加一次训练还是长期训练都会促进工作记忆。最后, 在其他因变量指标上, 对于交互作用的分析,

我们也增加了相应的解释。

.....

审稿人 2 的意见:

意见 1:这篇文章的书写有很大的问题，文中有多处格式和书写的问题。

意见 1.1:仅以前言中前面几段为例：文中的括号要统一成中文格式，有的地方有两个括号，请修改。

回应：感谢审稿人的提示。我们认真通读了全文，并对文中书写问题和格式问题进行了修改。

意见 1.2:前言第二段：既然作者关注的是执行功能，那么这一段的文献回顾就非常不够了。仅见两项关于工作记忆的训练研究的回顾。另外，以下句子不通顺“通过 5 周的计算机化训练改善儿童执行功能，尤其是工作记忆”。“虽然计算机化的训练方式能够调节难度变化，及时提供反馈，但是这种训练方式缺乏趣味性，儿童难以获得愉悦感。”这句话的出现非常突兀，没有上下文承接，请说明哪些研究设计了难度变化的调节，据我所知，并不是所有的研究都是自适应的设计。

回应：根据审稿人的意见。本段已经改为“大量的训练执行功能的研究显示，儿童的执行功能具有可塑性(Diamond & Lee, 2011; Jun et al.)。早期的儿童执行功能训练以计算机化训练为主，其中，基于计算机的 Cogmed 工作记忆训练(Cogmed Working Memory Training)被认为是最成功的，该训练逐步增加难度，研究发现，基于计算机的 Cogmed 工作记忆训练能够明显改善正常儿童和工作记忆缺陷儿童的工作记忆水平(Roche & Johnson, 2014)；Thorell 等人(2009)对儿童进行 5 周的工作记忆或者抑制控制的自适应计算机化训练，结果发现儿童工作记忆促进效果最好，对儿童抑制控制、认知灵活性、注意力的改善未起到促进作用。”

意见 1.3:这句话称“一篇相关研究发现，儿童在游戏中参与度越高，儿童的执行功能越好，例如益智游戏俄罗斯方块等”，首先语句不通顺，另外，参考文献未列出。

回应：根据审稿人的提示进行了语言修改并增加了参考文献，本段改为“在 90 名 4~6 岁儿童中通过视频游戏进行抑制控制训练的研究发现，5 天后儿童的抑制控制有所改善(Liu, Liao, & Dou, 2019)。在俄罗斯方块等能引发儿童较高参与度的益智游戏中，对儿童执行功能的促进作用更大(Martinovic, Burgess, Pomerleau, & Mann, 2015)。但是，视频游戏训练需要儿童长时间静坐，且对于包含计划、解决问题等因素的游戏，年龄较小的儿童体验起来比较困难(Martinovic, Burgess, Pomerleau, & Marin, 2015)，因此，利用视频游戏进行儿童执行功能的干预可行性较低。不论是计算机化训练还是视频游戏，均需要儿童久坐，但是久坐不利于儿童的身体健康(Weiss, Baer, Allan, Saran, & Schibuk, 2011)。”

意见 1.4:例如，协调运动(Budde, Voelcker-Rehage, Pietrabyk-Kendziorra, Ribeiro, & Tidow, 2008)、足球(Alesi, Bianco, Luppina, Palma, & Pepi, 2016)、瑜伽(Razza, Bergen-Cico, & Raymond, 2015)、武术训练(Lakes, 2013)等身体活动都能改善儿童执行功能——这句话建议改为“例如，研究发现”

回应：根据审稿人的意见，本句已经在文中按照要求修改。

意见 1.5:“一项元分析结果显示，中等运动程度的身体活动对执行功能改善有显著的效果量大于剧烈程度的身体运动”这句话完全无法看明白。

回应：感谢审稿人的意见。本句已经更改为“一项元分析结果显示，中等运动强度的身体活

动对执行功能改善的效果量大于剧烈的身体运动(Mcmorris & Hale, 2012), 也就是说, 并非运动强度越大就促进效果越好。”

意见 1.6:“该假说认为, 认知参与预先激活了用于控制高阶认知过程的大脑区域, 而高阶认知过程是测量执行功能任务所需要的”这句话是什么意思?

回应:感谢审稿人的提示, 在前言中第六段修改为“之所以认知参与能够促进儿童执行功能, 首先是因为有挑战的环境能够提高认知能力, 并且改变大脑某些结构(Adcock et al., 2020)。其次, 利用认知刺激假说能够解释这一现象, 活动中的认知参与激活了与控制高阶认知过程的相同的大脑区域, 并且执行功能也是高阶认知过程, 因此该假说用于解释认知参与对执行功能的影响(Benzing & Schmidt, 2019)。”

意见 2:请说明 122 名被试分别有多少进入各实验组。

回应:根据专家意见, 在文中 2.1 修改补充如下: “在训练期间“高运动强度+低认知参与”组、“低运动强度+低认知参与”组分别有 5 名、3 名儿童中途转园, 无法完成后续训练和测验。最终纳入分析的有效被试共有 122 名, 平均年龄 M 月=68.29($SD=5.98$), “高运动强度+高认知参与”、“高运动强度+低认知参与”、“低运动强度+低认知参与”、“低运动强度+低认知参与”各组人数分别是 32 人、28 人、30 人、30 人。各组年龄、身体活动情况等如下表。”

意见 3:研究“请研究生从儿童角度出发, 对游戏进行评分”。请问研究生如何从儿童角度出发?

回应:游戏筛选过程如下: 首先由研究者根据前人文献和个人经验, 试玩了数十款儿童体感游戏后, 从中选出了 8 款研究者认为较为合适的游戏; 然后在进一步的 8 选 4 过程中, 为避免研究者个人意见的主观性, 邀请了 30 位学前教育专业和发展与教育心理学专业的研究生, 每位研究生用 1.5 小时对全部 8 款游戏进行了试玩。8 选 4 的筛选过程没有由儿童被试做预备试验, 主要是考虑到儿童完成全部 8 款游戏的时间过长, 太过于疲惫。选择学前教育专业和发展与教育心理学专业的研究生, 是假设他们对游戏的评判能够建立在其关于儿童的知识和相关经验基础上。研究生在试玩结束后填写的评定问卷题目是: “请您从儿童的角度, 将刚刚体验的 8 款游戏按照挑战程度/专注程度/无聊程度高低进行排序。”。最后根据 30 位研究生排序结果的平均分选出了 4 款他们认为适宜 4 组实验条件特征的游戏。由于排序评分者数量足够多, 且评分者一致性很高, 所以这种排序的结果比较可靠。根据审稿人意见, 删除了原文里“请研究生从儿童角度出发”的文字, 并将原文修改为: “请研究生根据其专业知识和经验, 估计儿童在游戏中的体验并对 8 种游戏的特征(兴奋度、专注度、无聊程度)分别进行排序。”

意见 4:作者认为, 体感游戏训练可以促进执行功能的理论基础是什么? 前言中躲躲闪闪地介绍了一些观点, 但未见清晰系统的描述。

回应:根据审稿人的意见, 我们在前言中第四段介绍体感游戏时, 增加了体感游戏促进执行功能的理论基础。增添内容为: “体感游戏将认知活动和身体活动结合。有研究表明进行体感游戏会促进神经重塑效应, 以致提高大脑某些认知功能(Lauenroth, Ioannidis, & Teichmann, 2016)。一方面, 从体育锻炼的角度来看, 体育锻炼会增加分泌邻苯二甲胺等物质以及增强血流量, 导致前额叶皮层活动增强(Verburgh, Königs, Scherder, & Oosterlaan, 2014)。由于儿童时期大脑可塑性更强, 这些经历可能会使认知功能得以永久性改善(Mehren et al., 2019)。另一方面, 在游戏中, 儿童需要完成一些视觉和空间记忆任务、也需要根据游戏环境和要求控制身体和运动速度(Dye & Bavelier, 2010), 这些认知要求有利于使执行功能得到更多运用,

通过视频游戏训练能够促进儿童的执行功能(Achtman, Green, & Bavelier, 2008)。”

意见 5:“这说明在训练上，各组执行功能无差异。”这句话是什么意思？

回应: 感谢审稿人的提示。本句话已经修改为“这说明，各组儿童在训练前执行功能水平没有差异。”

意见 6:图 4 中各组的字母代号请在图下说明。

回应: 根据审稿人的意见，我们对图 4 里各个字母代号进行了解释，在图 4 后修改为：“注：H/L: High/Low,代表高/低；PI: physical intensity 的缩写，代表运动强度；CE: cognitive engagement，代表认知参与。下同。”

意见 7:作者为什么在第一次、第九次和第十八次进行测试，理由何在？多次测试时各认知任务是否考虑设计不同版本，如何排除学习效应？

回应: 首先，多次考察自变量认知参与，是对自变量操纵有效性的调查。其次，认知参与采用二选一的方式，让儿童进行回答，每次仅有 8 个问题，题目较少。最后，每次测试的间隔时间较长。因此，不会对因变量产生学习效应。

意见 8:3.2 各实验组的训练效果，其实是迁移效果。同样，2.3.2 因变量执行功能测验应该是训练迁移效应测试材料。因此，3.3 的分析应该直接放在 3.2 中。

回应: 非常感谢审稿人的宝贵意见，我们已将 3.2 和 3.3 进行合并，把 3.2 的重要统计分析和需要用到的图融入到 3.3 中。

意见 9:研究对文献的回顾还需加强；文章的讨论部分还需加强。

回应: 感谢审稿人的意见。除了加强对文献的回顾，在前言中，我们增加了几方面的内容：一是体感游戏促进执行功能的机制，二是认知参与促进儿童执行功能的主要原因。在讨论中，我们增加解释了为什么认知参与比运动强度更为重要。除此之外，我们对文中的其他部分都做了修改和补充。

第二轮

审稿人 2 的意见:

意见 1: 前言第二段和第三段的过渡不对。

回应: 感谢审稿人的宝贵意见。第二段主要表达儿童执行功能具有可塑性，并且早期有效的执行功能训练以计算机化训练为主。第三段想要表达的是随着科技发展，儿童执行功能训练开始以视频游戏为主，这种方式能够增强儿童活动的趣味性。因此，本段的过渡句改为“随着新媒体技术的进步，同时也为了增强儿童执行功能训练的趣味性，研究者开始采用视频游戏改善执行功能(Anderson-Hanley et al., 2014)。”。

意见 2: 中文的书写需要提高。

例 1“体育锻炼会增加分泌邻苯二酚胺等特质以及增强血流量，导致前额叶皮层活动会越强”，增加哪里的分泌？也可以写成“体育锻炼可以促进...的分泌并增加血流量”，接着“导致...会越强”，这种表达非常不符合中文习惯，可以写成“从而促进前额皮层活动”。

例 2：“一次性训练优于增强了血流量和唤醒度”——“优于增强”是什么意思？“所以运动强度的作用明显”——“什么作用明显”？。“而在认知参与的作用很可能只在长期干预中才会显示出来”，这句话中的“在”是什么意思。

例 3：“最终所选 4 款游戏并报告认知参与分数(详见表 1)，一致性系数(ICC)是 0.961，属于一致性较高“此话不通。”属于“二字后面应该加什么作为宾语？

回应：感谢审稿人的宝贵意见。我们已将前言和讨论部分重新进行梳理，并且进行详细的语句修改。

如例 1：一方面，从体育锻炼的角度来看，体育锻炼能够促进分泌邻苯二酚胺等物质分泌并增加血流量，从而促进前额叶皮层活动(Verburgh, Königs, Scherder, & Oosterlaan, 2014)。

例 2 修改为：然而前述研究均是对儿童进行一次性训练，因此无法排除这样一种可能性：一次性训练增加了血流量和唤醒度，所以运动强度促进执行功能的作用明显，而长期干预后认知参与促进执行功能的效果才会显示出来。

例 3：最终所选 4 款游戏并报告认知参与分数(详见表 1)，一致性系数(ICC)是 0.961，这表明 30 名大学生对四款游戏的认知参与评价一致性较高，也说明可信性很高。

意见 3：在涉及四个实验组的流程时，请尽量统一介绍的方式。比如“高运动强度+高认知参与”组：采用体感游戏大冒险游戏（此处引号没有必要）而一组“高运动强度+低认知参与”组：马拉松体感游戏

回应：根据审稿人的意见，将“2.3.1 自变量操作（一）游戏的选取过程”部分的格式以及表达做出统一的修改，如下。

“高运动强度+高认知参与”组：采用体感游戏——大冒险游戏

“高运动强度+低认知参与”组：采用体感游戏——马拉松

“低运动强度+高认知参与”组：采用电子游戏——超级玛丽

“低运动强度+低认知参与”组：观看视频——托马斯

但是，为了与全文的表达方式保持一致，仍然采用引号，以便读者阅读。

意见 4：请核查表 2 中认知参与一列中的 F 值。

回应：根据审稿人的意见，我们仔细核查了数据，补充了每个组完成 18 次训练后，我们总共获取运动强度/认知参与的次数，以便审稿人理解数据。具体数据如下：

表 2 自变量操纵的有效性分析

	运动强度			认知参与		
	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
“高运动强度+高认知参与”	161.00	139.40	16.05	90.00	5.43	0.50
“高运动强度+低认知参与”	127.00	143.06	15.48	84.00	1.17	0.93
“低运动强度+高认知参与”	175.00	101.14	10.55	96.00	5.26	0.87
“低运动强度+低认知参与”	163.00	98.13	9.33	96.00	0.96	0.74
F		528.34**			932.68**	

注: ** $p < 0.01$, * $p < 0.05$

意见 5：很多认知任务都有对应的中文名称，请将英文改为中文，或将任务的中英文名一起附上。

回应：根据审稿人意见，已在文中做出相应的修改。

意见 6: 请将缺失的 effect size 补上。

回应: 为考察运动强度和认知参与对儿童工作记忆的影响, 通 $2 \times 2 \times 3$ 的混合方差分析发现: 工作记忆的测量时间 Time 主效应显著, $F(2, 236) = 29.01, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.20$ 。经过事后检验发现, 长期训练的工作记忆($M = 3.63, SD = 0.13$)显著好于第一次训练后测($M = 2.95, SD = 0.13$), 均显著好于前测($M = 2.56, SD = 0.15$)。工作记忆的运动强度的主效应显著, $F(1, 118) = 4.96, p = 0.028, \eta_p^2 = 0.04$ 。认知参与主效应显著, $F(1, 118) = 5.83, p = 0.017, \eta_p^2 = 0.05$ 。经过事后检验发现, 均是高运动强度的工作记忆显著高于低运动强度($M = 3.29, SD = 0.16$), 高认知参与的工作记忆显著高于低认知参与组($M = 3.31, SD = 0.15$)。Time 和运动强度的交互作用显著, $F(2, 236) = 5.83, p = 0.044, \eta_p^2 = 0.03$, 进一步进行简单效应分析, 在第一次训练后和长期训练后, 高运动强度的工作记忆($M = 3.34, SD = 0.19; M = 3.39, SD = 0.19$)均高于低运动强度的工作记忆($M = 2.55, SD = 0.18; M = 3.36, SD = 0.18$), $F(10, 109) = 11.39, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.51$ (见图 4)。Time 和认知参与的交互作用显著, $F(2, 236) = 5.83, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.09$, 进一步进行简单效应分析, 在长期训练后, 高认知参与的工作记忆($M = 1094.30, SD = 0.18$)要高于低认知参与($M = 2.98, SD = 0.18$), $F(10, 109) = 18.65, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.63$ (见图 4)。并且, 工作记忆的认知参与效果量($\eta_p^2 = 0.09$)要大于运动强度的效果量($\eta_p^2 = 0.03$)。

意见 7: 建议在结果呈现之前将本研究中所采用的统计方法介绍一下。

回应: 感谢审稿人的意见。本研究的因变量指标共有 5 个, 分别是工作记忆、抑制控制(准确率、反应时)、认知灵活性(通过阶段数、正确反应次数), 为了避免重复表达, 我们在 3.2 部分统一进行表述, 内容如下“采用 $2(\text{运动强度: 高/低}) \times 2(\text{认知参与: 高/低}) \times 3(\text{测量时间 Time: 前测、一次性训练后测、长期训练后测})$ 的混合方差分析, 将运动强度和认知参与作为被试间变量, 将测量时间作为被试内变量, 因变量为执行功能各指标。”

意见 8: 图 4 的插入和图注相隔太远。

回应: 根据审稿人意见, 已在文中修改。

意见 9: 运动强度和认知参与对抑制控制影响的结果部分缺失很多事后检验的统计值。文中其他地方也请检查。

回应: 感谢审稿人的宝贵意见。根据审稿人的意见, 我们补充了运动强度和认知参与对抑制控制、认知灵活性的影响结果, 补充部分如下:

(一) 准确率

为考察运动强度和认知参与对儿童抑制控制准确率的影响, 通过 $2 \times 2 \times 3$ 的混合方差分析发现: 准确率的测量时间 Time 主效应显著, $F(2, 236) = 37.44, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.24$ 。经过事后检验发现长期训练后测($M = 0.88, SD = 0.01$)显著高于第一次训练后测($M = 0.81, SD = 0.02$), 长期训练后测和第一次训练后测显著高于前测($M = 0.75, SD = 0.02$)。准确率的运动强度的主效应显著, $F(1, 118) = 5.16, p = 0.025, \eta_p^2 = 0.04$, 经过事后检验发现, 高运动强度的准确率($M = 0.84, SD = 0.02$)显著好于低运动强度的准确率($M = 0.78, SD = 0.02$)。准确率的认知参与主效应不显著, $F(1, 118) = 1.257, p = 0.27$ 。Time 和运动强度交互作用不显著, $F(1, 118) = 1.14, p = 0.27$ 。Time 和认知参与交互作用不显著, $F(1, 118) = 0.22, p = 0.81$ 。

(二) 反应时

为考察运动强度和认知参与对儿童抑制控制反应时的影响, 通过 $2 \times 2 \times 3$ 的混合方差分析发现: 反应时的测量时间 Time 主效应显著, $F(2, 236) = 63.05, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.35$, 经

过事后检验发现长期训练后测($M = 0.78$, $SD = 0.02$)显著高于第一次训练后测($M = 0.78$, $SD = 0.02$)，长期训练后测和第一次训练后测显著快于前测($M = 0.78$, $SD = 0.02$)。反应时的运动强度主效应不显著, $F(1, 118) = 0.51$, $p = 0.47$ 。反应时的认知参与的主效应不显著, $F(1, 118) = 0.49$, $p = 0.48$ 。Time 和运动强度交互作用不显著, $F(1, 118) = 3.21$, $p = 0.073$ 。Time 和认知参与交互作用不显著, $F(1, 118) = 0.63$, $p = 0.53$ 。

意见 10: 前言中对理论的交待仍显薄弱，讨论中也并未就理论层面的贡献而展开。

回应: 感谢审稿人的意见，根据审稿人的意见，我们在前言讨论增加了理论内容，并对理论部分进行的解释。具体内容如下：

前言：一方面，从体育锻炼的角度来看，体育锻炼能够促进分泌邻苯二酚胺等物质分泌并增加血流量，从而促进前额叶皮层活动(Verburgh, Königs, Scherder, & Oosterlaan, 2014)。由于儿童时期大脑的可塑性更强，这些经历可能会使认知功能得以永久性改善(Mehren et al., 2019)。另一方面，在游戏中，儿童需要完成一些视觉和空间记忆任务、也需要根据游戏环境和要求控制身体和运动速度(Dye & Bavelier, 2010)，这些认知要求有利于使执行功能得到更多运用，通过游戏训练能够促进儿童的执行功能(Achtman, Green, & Bavelier, 2008)。

讨论：本研究扩展了 Best(2012)的研究结果。在长期训练中，体感游戏的运动强度和认知参与两因素共同促进了儿童执行功能。这不仅肯定了 Schmidt 等人(2015)的发现“高运动强度+高认知参与”身体活动组的效果，而且更有力地说明了运动强度和认知参与共同促进了儿童的工作记忆、抑制控制和认知灵活性。与此同时，从维果斯基最近发展区的观点来看，游戏活动难度的设置能够调动儿童的积极性，发挥儿童的潜能，有利于帮助儿童实现更快的认知发展，因此，长期训练后，高认知参与的体感游戏能够促进儿童的执行功能。

第三轮

主编终审意见: 该文章经过两轮修改改进明显，我同意两位审稿人和编委的意见，文章已经达到发表水准。一些细节方面可以进一步修改，例如一些图标缺失（图 4，图 5），纵坐标和横坐标分别代表什么应该标注清楚。参考文献中较多页码不完整。英文摘要直译味道明显，一些语句表达不够专业，句子过长等问题，建议找专业人士润色修改。

回应: 感谢主编建议，一方面，按照主编终审要求，现已按照要求修改图标、参考文献写法等问题。同时，找到了翻译公司对英文摘要进行润色，在本次修改的附件中，包含了润色证明等。另一方面，按照编辑部邮件中的要求（意见 2-8），根据编辑部在邮件中给予我们的建议，按照编辑部的要求，已经在文中相应位置进行修改。