

《心理学报》审稿意见与作者回应

题目：不同形式运动锻炼老年人运动皮层突触可塑性的差异：来自 TMS 的研究证据

作者：孟海江 陈蕾 王刚 张剑

第一轮

审稿人 1 意见：

研究采用 TMS 技术发现了长期参与规律的体育锻炼可以提升老年人初级运动皮层整体功能，在运动领域的脑可塑性研究中具有一定的创新性，所获的结论对同类研究也具有启示意义。存在的主要问题如下：

意见 1：

根据 IPAQ 得分如何做到将 32 人分为锻炼组与久坐组？该表述存在逻辑问题，建议修改。

回应：

非常感谢审稿专家对文中表述的建议。我们仔细阅读该部分内容的表述，并做了修改。具体修改如下：

依据被试填写的运动锻炼情况调查问卷得分，以及被试的入选标准和排除标准，筛选出经常参与乒乓球运动锻炼的老年人 18 名、经常参与太极拳运动锻炼老年人 18 名、长期久坐老年人 18 名。

意见 2：

体力活动水平与乒乓球经验之间有何联系？如果想要探察的变量是乒乓球打球经验，为何不自行设计一个与乒乓球打球经验有关的问卷，对打球时间、强度和频次进行系统评分？

回应：

非常感谢审稿专家提出的宝贵意见。前期研究过程中，主要参照国际体力活动量表设计了针对乒乓球运动锻炼的调查问卷，文中未能表述清楚。综合所有专家评审意见之后，本研究自行设计有关老年人参与乒乓球运动锻炼、太极拳运动锻炼以及久坐情况的调查问卷，问卷涉及了老年人参与乒乓球运动锻炼或太极拳运动锻炼的持续时间、运动强度、运动频率、以及久坐情况等。采用新设计的问卷对前期实验中参与乒乓球锻炼老年人进行重测，重测结

果的一致性程度较高。同时,根据新设计的问卷又筛查出了经常参与太极拳运动锻炼老年人,并进行了相关指标的测试。具体修改内容见方法部分“2.1 被试”(文中已标红)。

意见 3:

实验设计,仅提到 MEP 振幅为因变量,但是后文还报告了 SICI。请加以修改。

回应:

非常感谢审稿专家。修改稿中,我们补充了对因变量 SICI 的报告(见“2.2 实验设计”部分的红色字体)。描述如下:

MEP 振幅、SICI 为因变量。

意见 4:

讨论部分部分文字表述还需要斟酌。比如,1. 4.1 部分,“这一观点得到了一项研究的支持(Colcombe et al., 2004),……与年龄相关的脑组织损失减少。”未说明有氧适能增强是否与锻炼时长、年限有关。再如,1. 4.2 部分,“这表明 γ -氨基丁酸 A 受体调节的抑制环路的变化并不是 PAS25 诱导长期运动老年人运动皮层可塑性增强的原因。”不能直接得出这个结论,只能说明该实验未验证。

回应:

非常感谢审稿专家。对于 4.1 部分不妥的文字表述,我们已经删除。对于 4.2 部分,我们已经对该部分内容进行了修改(文中已经标红)。具体修改如下:

三组老年人的 SICI 在不同时间点并没有差异性,我们推测, γ -氨基丁酸 A 受体调节的抑制环路的变化并不是 PAS25 诱导长期运动老年人运动皮层可塑性增强的唯一原因,可能还存在与其它皮层内环路的相互调节作用,最终决定了运动皮层的输出,这一推测有待进一步实验验证。

意见 5:

图中文字格式以及全文中的标点符号还有欠规范之处。

回应:

非常感谢审稿专家的宝贵意见。我们已经仔细检查并更正了全文中的标点符号,并对图中文字格式进行了修改(中文采用宋体,英文字母和数字采用 Times New Roman 字体)。

.....

审稿人 2 意见：

本文试图借助 TMS 探索锻炼对老年人运动皮层突触可塑性的影响，研究选题具有一定的理论意义，但研究设计存在一定问题，具体如下：

意见 1：

研究设计不支撑题目。横断研究无法得出“影响”，只能探讨相关性。因此文章的题目、内容和研究设计不吻合。

回应：

感谢审稿专家给予的宝贵意见。文章题目已经改为“不同形式运动锻炼老年人运动皮层突触可塑性的差异：来自 TMS 的研究证据”。

意见 2：

实验参与者界定不完善。本研究定义被试群体为“健康老年人”，但根据表 1 中的排除标准，无法保证受试群体为健康。

回应：

非常感谢审稿专家宝贵意见。我们已经对实验参与者界定进行了补充（见文中“2.1 被试”部分，已标红）。本研究定义被试群体为“健康老年人”，表 1 中对某些疾病的排除基于以下几个方面的考虑：1) 相关疾病可能会影响被试参与运动锻炼；2) 相关疾病可能会造成被试对 TMS 产生不良反应；3) 相关疾病可能会影响大脑突触可塑性诱发。具体修改如下：

4. 具有精神分裂症、情感性障碍或抑郁症等心理疾病
8. 具有高血压、冠心病及其它器质性心脏病
9. 具有内分泌代谢疾病、糖尿病病史

意见 3：

量表选取不够恰当。本研究使用国际体力活动量表的短表，该表测量的是体力活动量，体力活动所包含的内容较多，体育锻炼仅是其中的一部分。因此，使用本量表对体育锻炼情况进行测量并不合适。

回应：

非常感谢审稿专家。综合所有专家评审意见之后，本研究自行设计有关老年人参与乒乓球运动锻炼、太极拳运动锻炼以及久坐情况的调查问卷，问卷涉及了老年人参与乒乓球运动锻炼或太极拳运动锻炼的持续时间、运动强度、运动频率、以及久坐情况等。同时，依据新的研究方案，采用新设计的问卷又筛查出了经常参与太极拳运动锻炼老年人，并进行了相关指标的测试。具体修改内容见方法部分“2.1 被试”（文中已标红）。

意见 4：

概念不统一。“长期参与乒乓球运动”、“锻炼”、“运动”、“长期运动锻炼”等概念全文表述不统一。

回应：

非常感谢审稿专家的建议。文中我们统一了概念，均表述为“运动锻炼”。

意见 5：

关键内容缺失。文章分析了运动年限这一因素。但运动年限如何测定？两组运动年限是否有差异等均未在文中出现。这可能对结果有潜在影响，尤其是当样本量很小的情况下，该因素的潜在影响更大。

回应：

非常感谢审稿专家的建议。新修改稿件中，我们已经删除了运动年限与 MEP 振幅相关性分析，主要基于以下考虑：

- 1) 被试参与运动锻炼可能存在间断性，对于运动年限的自我报告可能不够准确；
- 2) 运动年限与 MEP 相关研究并不能说明它们之间因果关系，现实价值并不大。

编委复审意见：

该文对长期规律体育锻炼老年人（n=16）和久坐老年人（n=16）进行了初级运动皮层突触可塑性的测试，得到如下结论：长期规律运动老年人的 MEP 振幅增强与运动年限显著相关。这是一篇典型的锻炼的心理效益研究，有助于加深我们理解为什么体育锻炼可以延缓老年人的功能衰退。该文的研究方向具有理论和应用价值。但研究存在两个问题：

意见 1:

仅仅从乒乓球运动推及到整个体育运动显得证据不足。《The Lancet Psychiatry》最近发表的一篇文章表明，不同形式的运动其身心效益差别较大。《Nature》最近发表的一篇文章提示，以同样目的进行的多方式干预比较研究更有价值。因此，该方向的更加有价值的科学问题是：不同形式的锻炼对于老年人的初级运动皮层突触可塑性（心理效益）有不同的延缓作用吗？为回答这一科学问题，建议作者增加一个非球类运动组（如太极拳等相对更为绵缓的运动）作为对照，形成一个单因素（锻炼方式）三水平（球类、非球类、空白对照）的实验设计。当然，如果能进行更多锻炼形式的对比实验，则更好。

回应:

非常感谢主编给予的宝贵意见。我们已经按照您的建议做了大量的修改，重新凝练了科学问题，并增加了太极拳运动组进行对比。具体修改内容如下（文中已经标红）：

为了探讨长期不同形式运动锻炼对老年人初级运动皮层突触的可塑性，本研究筛选出经常参与乒乓球运动锻炼老年人、经常参与太极拳运动锻炼老年人和长期久坐老年人作为研究对象。三个组别的设置主要基于以下原因：1）考虑到 PAS25 诱发人类 M1 可塑性变化效应特定于拇短展肌（Abductor pollicis brevis, APB）的皮层表征区（Stefan et al., 2000），以及采用 TMS 技术考察 M1 可塑性变化只能通过手部特定肌肉记录的 MEP 进行评价，研究中运动组被试主要选取长期参与乒乓球运动锻炼的老年人。乒乓球运动主要使用手部小肌肉群（比如 APB、第一背侧骨间肌等）的参与实现动作的精细控制，或搓或削，或打或拉，这些动作的重复将会引起参与运动肌肉的皮层表征区发生特异性功能变化（戴雯 等, 2017）；2）最近一项研究表明，不同形式运动锻炼的身心效益差别较大（Chekroud et al., 2018）。仅仅从乒乓球运动的身心效益推及到整个体育运动显得证据不足，对多种运动锻炼方式的身心效益进行比较的研究可能更加有价值（Milkman et al., 2021）。因此，本研究中增加一个非球类运动组（太极拳组）作为对照，拟探讨不同形式的运动锻炼对老年人初级运动皮层突触可塑性的差异。

基于此，研究提出了 2 个假设：1）与久坐老年人相比，长期参与乒乓球和太极拳运动锻炼的老年人手部肌肉 APB 的运动皮层表征区突触可塑性增强；2）不同形式运动锻炼老年人的运动皮层突触可塑性变化存在差异性。

2.2 实验设计

实验采用 3（锻炼方式）× 4（时间点）的两因素混合设计，锻炼方式（乒乓球锻炼组、太极拳锻炼组、久坐组）、时间点（基线、刺激后 0、30、60 分钟）均为自变量，MEP 振幅、SICI 为因变量。

意见 2:

目前的样本量太小，可否增加样本量？当然，充分理解作者寻找老年被试和进行测试极其不易。Chekroud, S. R., Gueorguieva, R., Zheutlin, A. B., Paulus, M., Krumholz, H. M., Krystal, J. H., & Chekroud, A. M. (2018). Association between physical exercise and mental health in 1.2 million individuals in the USA between 2011 and 2015: A cross-sectional study. *The Lancet Psychiatry*, 5(9), 739–746. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(18\)30227-X](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(18)30227-X) Milkman, K. L., Gromet, D., Ho, H., Kay, J. S., Lee, T. W., Pandiloski, P., Park, Y., Rai, A., Bazerman, M., Beshears, J., Bonacorsi, L., Camerer, C., Chang, E., Chapman, G., Cialdini, R., Dai, H., Eskreis-Winkler, L., Fishbach, A., Gross, J. J., ... Duckworth, A. L. (2021). Megastudies improve the impact of applied behavioural science. *Nature*, 600(7889), 478–483. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-04128-4>

回应:

非常感谢主编给予的宝贵意见。我们已经在原有基础上适量增加了样本量。具体信息见方法和结果部分（文中已标红）。

第二轮

审稿人 2 意见:

本论文经过修改，研究质量与文章可读性均有一定的提升，但仍有如下问题需要解决:

意见 1:

作者新增加了自行设计的问卷，但自行设计问卷的效度如何保障没有交代。

回应:

非常感谢审稿专家给予宝贵意见。在研究中，我们采用专家评价法对自行设计问卷进行了内容效度检验，检验结果表明该问卷的内容效度较高。相关检验结果已在文中“2.1 调查对象”的第二段表述，见文中蓝色字体部分。

增加的具体内容如下：

8 位相关领域专家参与问卷内容效度评价，对问卷各个条目与想要测量内容的关联性做出判断。根据部分专家意见，对问卷内容的可读性、适宜性进行了修改。该问卷的条目水平内容效度指数大于 0.78（Lynn, 1986），计算调整后 Kappa 值大于 0.74（Polit et al., 2007），说明该问卷内容效度较好。

意见 2:

如果是在原来的测试基础上，又对之前的被试重新施策了新的问卷，那么如何重新组织以往被试？是否所有被试全都同意参加补测？

回应:

非常感谢审稿专家。在原来测试基础上，我们采用新问卷对以前调查对象进行重新测试，主要通过电话形式询问调查对象对某些问题进行确定或者回答，调查结束后给予了相应报酬。

意见 3:

参加自编问卷补测的老年人，他们补充时间点的运动状态同当初研究时是否一致？如何保证的？

回应:

非常感谢审稿专家。对老年人进行自编问卷补测，主要采用回顾方式让调查对象对最初研究时运动锻炼情况和久坐情况进行确定或者回答，尽量确保与当初研究时一致的运动状态。另一方面，自编问卷数据是进行分组的依据，我们认为并不会影响运动皮层突触可塑性测试结果。

意见 4:

建议作者说明如何补充样本数量？补充到当前样本数量的原因及依据是什么？

回应:

非常感谢审稿专家。在原有基础上，我们适量增加了样本数量。对于当前样本数量问题，我们采用 G*Power 3.1 软件进行了计算，确定研究中样本数量是足够的。计算方法及结果已在“2.1 调查对象”第一段中呈现。

具体补充内容如下：

采用 G*Power 3.1 软件进行样本量计算，确定了本研究的样本量是足够的。统计效力分析显示，当 $\alpha = 0.05$ 、 $\eta^2 = 0.25$ 、统计功效 ≥ 0.95 、组别数 = 3、测量次数 = 4 时，总共需要 45 名调查对象。

意见 5:

文中说到“依据被试填写的调查问卷得分”进行筛选和划分，那么标准是什么呢？问题是什么形式的？

回应:

非常感谢审稿专家给予宝贵意见。对于文中说到“依据被试填写的调查问卷得分”进行筛选和划分的具体标准，我们已经进行了补充，见“2.1 调查对象”部分第三段绿色字体。

具体修改如下：

调查对象分组标准是按照参与乒乓球或太极拳运动锻炼的运动时间、运动强度、运动频率和久坐时间等来确定。当同时满足以下 4 个条件时，可将调查对象划为乒乓球运动锻炼组（18 名）和太极拳运动锻炼组（18 名）：1）经常参与乒乓球或太极拳运动锻炼；2）运动强度为中等及以上；3）运动频率 ≥ 3 次/每周；4）运动时间 ≥ 60 分钟/每次。对于不满足以上 4 个条件且无运动锻炼习惯、久坐时间 ≥ 360 分钟/每天（Patterson et al., 2018）的调查对象划为久坐组（18 名）。

意见 6:

本研究是横断调查研究，并非真实验研究，建议不要称受测老年人为被试，可以为调查对象或研究对象。

回应:

非常感谢审稿专家给予的宝贵意见。文中称谓“被试”的字体全部修改为“调查对象”。见文中“2.1 调查对象”、“2.3 经颅磁刺激及肌电记录”、“2.4 配对联合刺激方案”、“2.5 皮层兴奋性和皮层内抑制测量”、“3.1 三组调查对象参与运动锻炼情况及刺激前基线特征”、“4.2 经常参与运动锻炼老年人运动皮层突触可塑性增强”部分的绿色字体。

意见 7:

虽然声称排除了“长期专门使用双手”，说明作者也认同用手习惯可能对结果有潜在影响。但实际上，太极运动和乒乓运动双手使用情况截然不同。乒乓运动据大部分的活动在于

单手，而太极则双手均有。这个因素没有办法在本研究中得到控制，引起一切可塑性的差异可能仅仅是用手行为的不同所导致的。至少没有办法在本研究中排除这个可能性。因此，导致结论的支撑不足。

回应：

非常感谢审稿专家给予的宝贵意见。对于用手习惯可能对结果有潜在影响的问题，我们已经在文中“4.1 不同形式运动锻炼老年人运动皮层兴奋性的差异”部分的第四、五段补充具体解释（见蓝色字体部分）。

具体修改如下：

更有趣的发现是，相对于太极拳运动锻炼老年人，经常参与乒乓球运动锻炼老年人 APB 的运动皮层表征区兴奋性更强。这一研究结果从神经电生理（基于 TMS 技术）的角度再次支持了不同形式运动锻炼的身心效益差别较大（Chekroud et al., 2018）的研究结论。在乒乓球和太极拳运动锻炼过程中，对手部肌肉 APB 的使用频率、使用强度的不同可能是导致这一结果的主要原因：乒乓球需要频繁地使用 APB 发力、控制球拍和球的运动方向，以实现球路多变、快速和准确的进攻，对 APB 的力量控制、使用频率的要求相对较高，而太极拳注重慢、柔、缓、圆，需要 APB 和手部其它小肌肉群协同完成精细的手势和各种动作，对 APB 的使用相对较少且强度较低。

此外，长期专门使用双手习惯可能对结果也有潜在的影响。首先，在研究设计中，我们已经排除了既有长期专门使用双手（比如演奏乐器）又有乒乓球或太极拳运动锻炼习惯的调查对象。其次，乒乓球运动和太极拳运动对双手使用情况截然不同，乒乓球运动大部分的活动在于单手，而太极拳运动则双手均有使用。基于这一事实，可能有一种推测，乒乓球运动锻炼老年人特定皮层区域兴奋性强于太极拳运动锻炼老年人可能是由于太极拳运动中左手使用阻碍了右手使用诱发的 M1 兴奋性增强。然而，事实并非如此，已有大量 TMS 研究证据表明，单侧手部肌肉激活增强同侧 M1 的兴奋性（Muellbacher et al., 2000; Stinear et al., 2001; Morishita et al., 2011）。因此，我们的研究认为，长期专门使用双手习惯对结果潜在影响的可能性较小。

意见 8：

表 2 中，性别建议不要用顿号分隔的形式表述。

回应：

非常感谢审稿专家的建议。对于表 2 中性别的表述, 我们已做修改 (见表 2 绿色字体部分)。

第三轮

审稿人 2 意见:

文章经过第二轮修改后, 对之前的问题都予以了回答。

目前两个小问题:

意见 1:

图片字体、字号不统一;

回应:

非常感谢审稿专家给予宝贵意见。我们已经仔细检查全文中的图 1、图 2、图 3、图 4 的字体和字号, 并对图中字体、字号进行了统一 (图中所用文字和数字均按照投稿要求改为六号宋体)。

意见 2:

调查对象排除标准不够严谨, 应该有参与其他运动的排除标准。如除乒乓组调查对象还可能进行其它锻炼的, 比如八段锦, 而同时参与多种运动是很普遍的。建议有明确的排除标准。

回应:

非常感谢审稿专家给予宝贵意见。我们已经按照审稿专家的建议对调查对象的排除标准进行了补充, 见“表 1”蓝色字体部分。

具体补充如下:

10. 除乒乓球或太极拳运动外还经常参与其它形式运动

第四轮

编辑部意见:

意见 1:

“本研究采用经颅磁刺激技术, 横向比较了羽毛球锻炼老年人、太极拳锻炼老年人和久坐老年人在配对联合刺激 (PAS25) 前、后动作诱发电位和短时程皮层内抑制的变化。结果

发现,经常参与乒乓球和太极拳运动锻炼老年人 PAS25 后的动作诱发电位振幅持续增强”~
摘要中的羽毛球锻炼是哪里来的?请作者再认真核查全文,订正疏漏,提升稿件文字质量。

谢谢!

回应:

非常感谢编辑部审稿专家细致审阅。由于疏忽导致错误,在此深表歉意。我们再次认真核查全文,以免出现类似错误。摘要部分的错误已经作了修改,具体如下:

本研究采用经颅磁刺激技术,横向比较了乒乓球锻炼老年人、太极拳锻炼老年人和久坐老年人在配对联合刺激(PAS25)前、后动作诱发电位和短时程皮层内抑制的变化。

意见 2:

被试排除标准中的“老年痴呆症”请改为“阿尔茨海默症”。

回应:

非常感谢编辑部审稿专家给予宝贵意见。我们已经在排除标准中把“老年痴呆症”改为“阿尔茨海默症”,具体修改见表 1 排除标准中绿色字体部分。

编委意见:

已无其他更多建议。作者根据评阅人的多次评审意见和建议对论文进行了认真修改,并增加了太极拳运动组进行对比。整体而言,论文已经达到《心理学报》的学术水准,建议发表。

主编意见:

同意外审和编委意见,建议录用。