

# 自适应知觉训练对健康老年人认知功能改善的群体差异分析

毕浚皓, 赵璐瑶, 罗 瑞, 平 航, 钱润祺, 段杰萍, 李竺穗, 吴静敏, 任艳娜\*

贵州中医药大学人文与管理学院, 贵州 贵阳

收稿日期: 2022年4月24日; 录用日期: 2022年5月24日; 发布日期: 2022年5月31日

## 摘 要

群体差异可能影响知觉训练效果, 但迄今尚无特异性实验证据。本研究采用难度自适应的计算机程序分别对以年龄、文化程度为标准划分的健康老年被试进行同时性判断训练。结果发现: 1) 60岁以下与教育程度9年以上被试训练成绩上限更高、认知可塑性更强; 2) 60岁及以上较60岁以下被试成绩提高幅度更大, 训练收益更多; 3) 教育程度9年及以下较9年以上被试成绩提高幅度较小。综合可知, 基线认知水平与训练上限呈正相关, 与提升幅度呈负相关。提示应延长基线认知水平较低的老年人训练周期, 并提高基线认知水平较高的老年人任务难度, 同时探索训练效率与收益兼得的“甜点”, 这将极大提高知觉训练的收益。

## 关键词

知觉训练, 认知功能, 自适应难度, 老年人, 群体差异

# Group Difference Analysis of Adaptive Perception Training on Cognitive Function Improvement in Healthy Elderly

Junhao Bi, Luyao Zhao, Rui Luo, Hang Ping, Runqi Qian, Jieping Duan, Zhusui Li, Jingming Wu, Yanna Ren\*

School of Humanities and Management in Guizhou University of Traditional Chinese Medicine, Guiyang Guizhou

Received: Apr. 24<sup>th</sup>, 2022; accepted: May 24<sup>th</sup>, 2022; published: May 31<sup>st</sup>, 2022

\*通讯作者。

文章引用: 毕浚皓, 赵璐瑶, 罗瑞, 平航, 钱润祺, 段杰萍, 李竺穗, 吴静敏, 任艳娜(2022). 自适应知觉训练对健康老年人认知功能改善的群体差异分析. *心理学进展*, 12(5), 1876-1883. DOI: 10.12677/ap.2022.125223

## Abstract

Group differences may affect the effect of perception training, but the experimental evidence is unspecific. In this study, a computer program with adaptive difficulty was used to conduct simultaneous judgment training for healthy elderly subjects divided by age and education level. The results were as follows: 1) The subjects under 60 years old and more than 9 years of education had higher upper limit of training performance and stronger cognitive plasticity; 2) Subjects aged 60 and above had more training benefits than those aged below 60; 3) Compared with the subjects with more than 9 years of education, the scores of the subjects with 9 years of education and less improved slightly. In conclusion, baseline cognitive level is positively correlated with training upper limit and negatively correlated with improvement range. It is suggested that the training period of the elderly with low baseline cognitive level should be extended, and the task difficulty of the elderly with high baseline cognitive level should be increased. Meanwhile, the “dessert” of training efficiency and benefits should be explored, which will greatly improve the benefits of perception training.

## Keywords

Perception Training, Cognitive Function, Adaptive Difficulty, Elderly, Group Differences

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

预防老年人认知功能衰退对于减轻社会负担、提高老年人晚年幸福感具有重要意义，而系统性认知训练有助于老年人认知功能的改善(Ball et al., 2002; Kelly et al., 2014; 李旭, 杜新, 陈天勇, 2014)。认知训练是指使用一系列标准化工作任务，针对特定的认知领域进行指导性训练，开发剩余认知功能以改善受损认知领域(Clare, 2004)，其中，以视听为线索，同时性判断任务(Simultaneous judgment, SJ)为内核的训练程序被称为知觉训练。例如经典的 Wallace (闪光/声音)判断任务(Wallace & Stevenson, 2014)。研究表明，老年人基线认知水平与脑储备差异会影响训练效果(霍丽娟, 郑志伟, 李瑾, 李娟, 2018)。然而，不同程度认知水平与脑储备差异对训练效果的影响尚未可知，揭示该问题将有利于加深对老年人认知衰退规律的理解，并为知觉训练提供指导。

大量研究表明，知觉训练可以有效提高对视觉和听觉的感知能力(Yang et al., 2018)，缩小时间绑定窗口(temporal binding window, TBW) (Niear, Gupta, Baum, & Wallace, 2017; Setti et al., 2014)，减少无关刺激干扰，甚至提高一般认知能力(Yang et al., 2018)。然而，由于相对固化的训练技术与任务对训练周期的限制，导致其迟迟未能进行市场化推广。因此，如何在现有条件下提高训练收益将成为能否普及的关键。

Stevenson 等人从训练任务着手，发现带反馈的知觉训练可以显著并持久的增强对视听刺激的时间敏锐度，即缩小 TBW (Powers, Hillock, & Wallace, 2009; Stevenson et al., 2013)，甚至无需训练听觉。在此基础上，Niear 等人发现高难度的知觉训练能够缩小 TBW，低难度则相反(Niear, Koo, & Wallace, 2016)。以上结果表明，适当提高训练难度并添加反馈或许是目前提高训练收益不错的方法。除此之外，老年人大

脑可塑性训练效果还可能受被试认知或脑储备影响(霍丽娟等, 2018), 具体表现为认知基线水平较低的被试在训练中表现出更大的改善(Schaie & Willis, 1986); 而认知基线水平较高的被试训练最好成绩高于前者(Li et al., 2008)。实验中为减少基于认知或脑储备等个体差异对训练结果的影响, 前人通常采用适应性程序(Deveau, Ozer, & Seitz, 2014)或基线水平测量(Anguera, Boccanfuso, Rintoul, Al-Hashimi, & Gazzaley, 2013)作为实验控制的主要手段。然而, 个体差异或许不是干扰, 研究表明年龄、文化程度是高龄老人认知下降的危险因素(敖晋, 柳玉芝, 2004), 若针对不同年龄、文化程度下被试进行个性化训练, 将极大提高训练收益。然而不同年龄、文化程度对训练效果的影响尚未可知。

因此, 本研究采用  $2(\text{年龄} \geq 60、\text{年龄} < 60) \times 2(\text{教育程度} \leq 9、\text{教育程度} > 9) \times 2(\text{视听同步、视听异步})$  的被试内实验设计。通过对比训练前后击中率差异, 探究不同群体老年人认知衰退规律, 并为个性化知觉训练提供参考。基于已有文献, 提出假设: 60岁及以上和教育程度9年及以下老年人认知提升空间更大, 训练获益更多; 60岁以下与教育程度9年以上老年人认知可塑性更强。

## 2. 方法

### 2.1. 被试

共二十一名被试(男性6名, 女性15名)参与实验, 年龄范围在51~75岁, 平均年龄  $59.1 \pm 5.9$  岁。其中年龄60岁及以上且教育程度9年以上5人, 9年及以下5人; 年龄60岁以下且教育程度9年以上5人, 9年及以下6人。所有参与者健康状况良好, 听力正常, 视力或矫正视力正常, 无脑颅疾病史和精神病史, 均自我报告为右利手, 且自愿参与本实验。本研究通过贵州中医药大学第二附属医药伦理委员会批准。

### 2.2. 实验材料

实验程序的编写和数据采集均采用标准心理学实验软件 E-prime 2.0, 视觉刺激呈现在 Samsung S19E200 型号的液晶显示器中央, 可视尺寸 19 英寸, 分辨率为  $1280 \times 1024$ , 刷新率为 75 Hz。被试端坐在距离屏幕 60 cm 处。注视点是由黑色(RGB:0, 0, 0)“+”号组成的(视角  $0.6^\circ \times 0.6^\circ$ ), 呈现时间 1500~2000 ms; 视觉刺激为半高斯梯度垂直正弦光栅( $4^\circ \times 4^\circ$ ), 呈现时间 12 ms; 使用 Audacity 软件制作听觉刺激并通过立体声耳机呈现(频率为 1000 Hz 纯音, 响度为 60 dB), 呈现时间 12 ms; 视听刺激分为同时呈现(SOA = 0)、视觉刺激早于或晚于听觉刺激呈现三种情况(SOA: 30 ms~300 ms, 间隔 30 ms), 构成 1 个同步和 20 个异步 SOA 条件。

### 2.3. 实验程序

实验包括前测(基线测量)、知觉训练、后测(效果测量)三部分, 各部分均包含练习与正式实验, 其中 SJ 任务贯穿始终。实验流程如图 1 所示, 首先呈现黑色十字注视点 1500~2000 ms, 接着呈现同步或异步视听刺激 12~324 ms, 此时被试需对同步刺激按左键、对异步刺激按右键反应, 接着呈现反馈(仅练习阶段), 结束后进入下一个试次。前、后测各包括 21 组(同步 1 组, 异步 20 组), 每组 15 个试次。合计 315 个试次(不包含练习阶段 21 个试次), 大约耗时 18 分钟, 期间随机休息 15 次。前测结束后, 采用训练程序对结果进行核验, 抵消反应偏好。

知觉训练依据难度分为 10 组(30 ms、60 ms ……300 ms), 每组包括 20 个同步刺激与 20 个同 SOA 下异步刺激, 共 40 个试次(不包含练习阶段 10 个试次), 耗时 2 分钟。训练按照进三退一的原则(Setti et al., 2014)从中等难度(150 ms)开始, 每天 1 小时, 连续 5 天(中途可休息一天)。

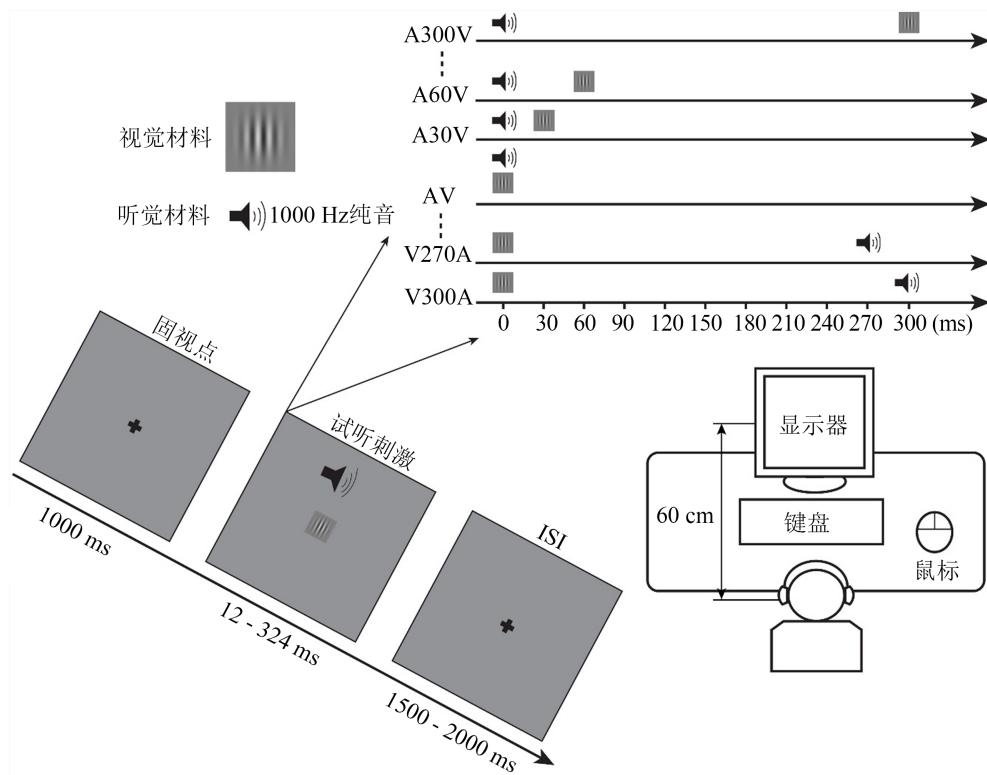


Figure 1. Schematic diagram of the experimental flow  
图 1. 实验流程示意图

## 2.4. 数据分析

实验共采集 24 份数据，其中三份因被试流失而被删去。击中率是目标刺激正确次数与目标刺激总个数的百分比(Xu, Yang, Zhou, & Ren, 2020)。本研究分别以年龄和文化程度为标准对前、后测击中率数据进行 T 检验，以检验训练的有效性，以及评估群体差异对训练效果的影响。

## 3. 结果

### 击中率

如表 1 所示，配对样本 T 检验结果表明训练效果显著  $t(2,20) = -20.3, p < 0.001$ ，击中率较前测提高 45.2%。具体表现如图 2 所示，60 岁以下被试击中率提高 42.3% ( $p < 0.001$ )；60 岁及以上被试击中率提高 48.7% ( $p < 0.001$ )；教育程度 9 年及以下被试击中率提高 46.4% ( $p < 0.001$ )；教育程度 9 年以上被试击中率提高 43.7% ( $p < 0.001$ )。

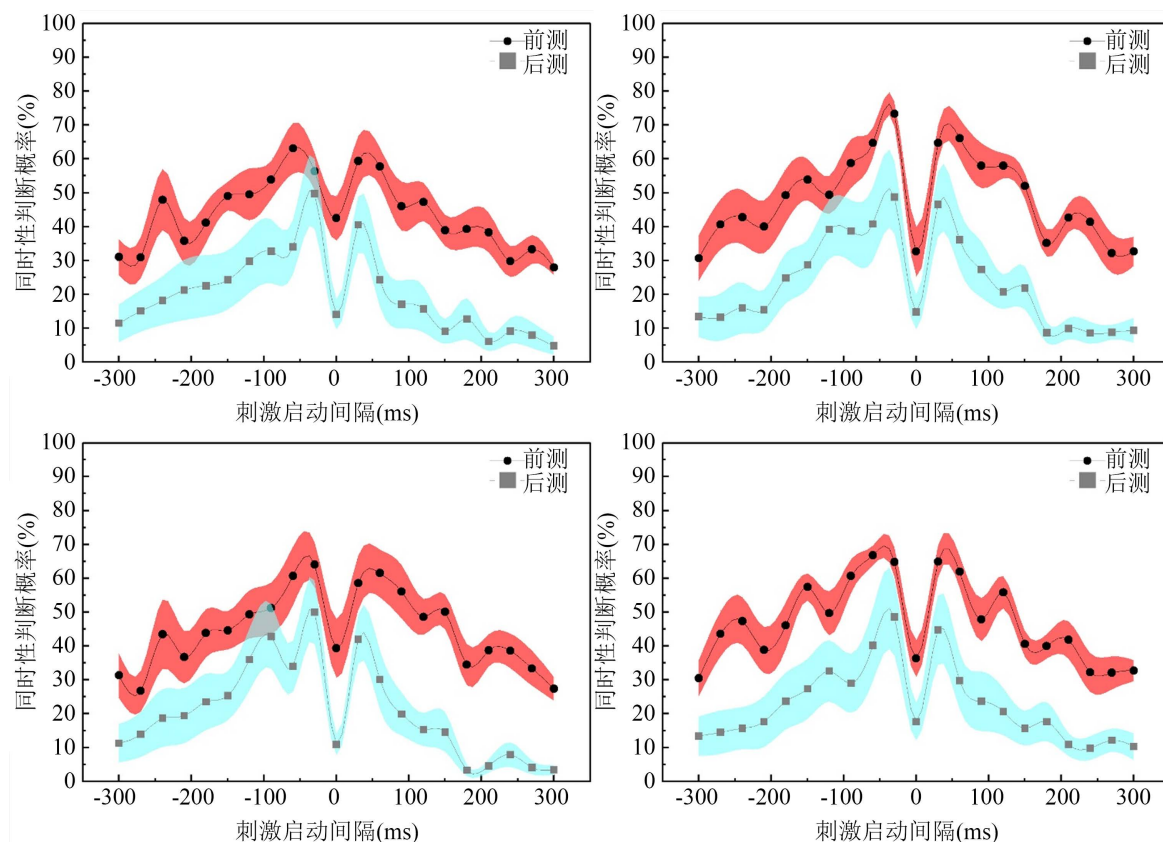
## 4. 讨论

本研究以 SJ 任务为研究手段，对比不同年龄段和不同文化程度老年人知觉训练收益的差异，以探究个性化的训练方法。与假设一致，年龄 60 岁及以上被试比 60 岁以下被试前、后测成绩增长率更高，并呈显著性趋势；教育程度 9 年及以下被试比 9 年以上被试前、后测成绩增长率更高，并呈显著性趋势，但差异较小。同时，60 岁以下以及教育程度 9 年以上被试比 60 岁以上以及教育程度 9 年以下被试后测击中率更高，并呈显著性趋势。但与以往研究中同步刺激击中率最低不同，本研究中同步刺激击中率与平均水平无显著差异。

**Table 1.** Average hit rate and standard deviation of different groups of elderly in simultaneity judgment task  
**表 1.** 不同群体老年人在同时性判断任务中平均击中率与标准差

刺激类型	年龄 < 60		年龄 ≥ 60		教育程度 ≤ 9		教育程度 > 9	
	前测	后测	前测	后测	前测	后测	前测	后测
A300V	0.69 (0.18)	0.89 (0.18)	0.69 (0.22)	0.87 (0.19)	0.70 (0.18)	0.87 (0.19)	0.69 (0.21)	0.89 (0.18)
A270V	0.69 (0.21)	0.85 (0.20)	0.59 (0.24)	0.87 (0.22)	0.56 (0.22)	0.85 (0.21)	0.73 (0.19)	0.86 (0.21)
A240V	0.52 (0.30)	0.82 (0.24)	0.57 (0.26)	0.84 (0.24)	0.53 (0.24)	0.84 (0.21)	0.57 (0.33)	0.81 (0.27)
A210V	0.64 (0.23)	0.79 (0.29)	0.60 (0.25)	0.85 (0.19)	0.61 (0.23)	0.82 (0.25)	0.63 (0.25)	0.81 (0.26)
A180V	0.59 (0.20)	0.77 (0.30)	0.51 (0.25)	0.75 (0.24)	0.54 (0.23)	0.76 (0.28)	0.56 (0.23)	0.77 (0.26)
A150V	0.51 (0.14)	0.76 (0.29)	0.46 (0.20)	0.71 (0.23)	0.43 (0.14)	0.73 (0.29)	0.55 (0.18)	0.75 (0.23)
A120V	0.51 (0.26)	0.70 (0.31)	0.51 (0.18)	0.61 (0.28)	0.50 (0.22)	0.67 (0.30)	0.51 (0.23)	0.64 (0.29)
A90V	0.46 (0.19)	0.67 (0.31)	0.41 (0.23)	0.61 (0.29)	0.39 (0.17)	0.71 (0.29)	0.49 (0.24)	0.57 (0.30)
A60V	0.37 (0.25)	0.66 (0.27)	0.35 (0.14)	0.59 (0.34)	0.33 (0.10)	0.60 (0.36)	0.39 (0.28)	0.66 (0.24)
A30V	0.44 (0.19)	0.50 (0.34)	0.27 (0.12)	0.51 (0.34)	0.35 (0.15)	0.51 (0.38)	0.36 (0.21)	0.50 (0.30)
AV	0.58 (0.22)	0.86 (0.15)	0.67 (0.24)	0.85 (0.16)	0.64 (0.18)	0.82 (0.18)	0.61 (0.28)	0.89 (0.10)
V30A	0.41 (0.25)	0.59 (0.28)	0.35 (0.17)	0.53 (0.30)	0.35 (0.16)	0.55 (0.34)	0.41 (0.26)	0.58 (0.23)
V60A	0.42 (0.19)	0.76 (0.26)	0.34 (0.19)	0.64 (0.28)	0.38 (0.16)	0.70 (0.28)	0.39 (0.23)	0.70 (0.27)
V90A	0.54 (0.24)	0.83 (0.23)	0.42 (0.21)	0.73 (0.26)	0.52 (0.21)	0.76 (0.29)	0.44 (0.25)	0.80 (0.20)
V120A	0.53 (0.19)	0.84 (0.23)	0.42 (0.12)	0.79 (0.16)	0.44 (0.16)	0.79 (0.23)	0.51 (0.17)	0.85 (0.15)
V150A	0.61 (0.15)	0.91 (0.12)	0.48 (0.12)	0.78 (0.20)	0.59 (0.13)	0.84 (0.17)	0.50 (0.16)	0.85 (0.19)
V180A	0.61 (0.19)	0.87 (0.20)	0.65 (0.13)	0.91 (0.09)	0.60 (0.12)	0.82 (0.19)	0.66 (0.19)	0.97 (0.06)
V210A	0.62 (0.20)	0.94 (0.09)	0.57 (0.13)	0.90 (0.10)	0.58 (0.19)	0.89 (0.11)	0.61 (0.15)	0.95 (0.06)
V240A	0.70 (0.15)	0.91 (0.13)	0.59 (0.19)	0.91 (0.10)	0.68 (0.19)	0.90 (0.12)	0.61 (0.17)	0.92 (0.12)
V270A	0.67 (0.14)	0.92 (0.13)	0.68 (0.19)	0.91 (0.07)	0.68 (0.16)	0.88 (0.11)	0.67 (0.17)	0.96 (0.06)
V300A	0.72 (0.08)	0.95 (0.09)	0.67 (0.14)	0.91 (0.12)	0.67 (0.11)	0.90 (0.13)	0.73 (0.11)	0.97 (0.05)

注：括号里为标准差。Note: Standard deviation in parentheses.



**Figure 2.** Comparison of simultaneity judgment probabilities before and after training for different groups, in which the red and blue shades are the standard errors of the pre-training and post-test, respectively. Figure A: Seniors over 60 years old; Figure B: Seniors aged 60 and below; Figure C: Seniors with more than 9 years of education; Figure D: Seniors with 9 years of education or less

**图 2.** 不同群体训练前后同时性判断概率对比, 其中红色与蓝色阴影分别为训练前、后测标准误。图 A: 60 岁以上老年人; 图 B: 60 岁及以下老年人; 图 C: 9 年以上教育程度的老年人; 图 D: 9 年及以下教育程度的老年人

目前关于认知可塑性与个体差异的认知理论假设主要分为放大观和补偿观两个方面(尹述飞等, 2019)。其中补偿观指出在同一年龄范围内基线水平较低的被试获得更大的训练收益(Schaie & Willis, 1986), 尹述飞等人 2014 年的一项研究证实了这一点(Yin et al., 2015)。该研究以年龄和基线行为表现为协变量进而评估基线 ALFF (低频波动的振幅, 一般被作为反映静息状态下大脑区域活动强度的指标)与行为改变之间的联系, 结果发现在右侧 MFG (额中回)的基线 ALFF 与 ALFF 的变化、执行功能和生活满意度量表(SWLS)分数间存在显著负相关, 表明大脑自发活动较低的个体在多模态干预中表现出更大的改善。知觉训练中, Yang et al. (2020)等人研究同样表明基线水平越低, 学习的速率和幅度就越大(Yang, Yan, Chen, Xi, & Huang, 2020)。以上均与本研究结果一致, 这可能是因为在难度自适应的训练中, 基线水平低的被试最近发展区起点更低, 更容易突破; 反之, 基线水平高的被试面临的难度更高。另一种可能是因为难度限制产生了天花板效应, 基线水平较高的被试无法在完成所有任务后获得进一步发展, 水平相对停滞。

除训练收益的多寡, 脑可塑性研究也是知觉训练中不可缺失的一部分。Li et al. (2008)研究表明各年龄组存在认知储备差异, 即基线能力较高的被试训练上限更高(Li et al., 2008), 这与本研究结果一致。这是因为认知储备对老年人脑功能有一定影响(霍丽娟等, 2018), 表现为高认知储备利于脑结构和功能重塑(尹述飞等, 2019)。

有趣的是研究表明被试对同步刺激表现出极强的学习能力,大幅超越了以往同类型研究的训练效果,知觉训练似乎迎来革命性突破。这与 Niewerth 等人在近乎相同的实验设计中得出的结果不一致(Niewerth et al., 2016), 这可能是因为在本研究同步刺激试次过少,数据随机性误差较大,导致击中率的伪增长。

另外,研究发现视觉刺激优先呈现比听觉刺激优先呈现击中率更高,并呈现显著性趋势。这可能意味着视听加工顺序对认知训练效果具有一定程度的影响,但目前该方面研究较少,未来可进一步研究。

## 5. 结论

综上,本研究就知觉训练对老年群体进行细分,在个性化训练方案的制定上进行了初步探索,结果提示我们:1) 对年龄 60 岁及以上和教育程度 9 年以下的被试延长其训练周期;2) 对年龄 60 岁以下和教育程度 9 年以上的被试提高任务难度;3) 寻找兼顾学习效率与收益的最佳群体。

同时,本研究存在以下几点不足:首先,同步刺激的试次过少导致数据受随机性误差影响较大,今后需增加同步刺激试次以抵消反应偏好;其次,受限于样本量,本研究未对年龄和文化程度对训练效果的影响做交叉分析,未来可进一步提高样本量以明确不同特质在训练中的贡献;最后,研究表明女性的认知下降速度是男性的 1.48 倍(敖晋,柳玉芝,2004),然而本研究未考虑性别对训练效果的影响,今后可将其纳入自变量范畴。

## 致 谢

本研究得到任艳娜教授的倾力支持与指导,在此表示谢意,同时感谢为本研究付出的所有同学。

## 作者贡献

任艳娜教授和毕浚皓构思了本研究;赵璐瑶、罗瑞、平航、钱润祺、段杰萍、李竺穗、吴静敏采集并解析了数据;毕浚皓撰写初稿并收到来自任艳娜教授及以上同学的指导意见。

## 利益冲突声明

本人声明就本研究的作者身份没有潜在的利益冲突。

## 基金项目

2021 年贵州省大学生创新创业训练项目(202110662043),贵州省科技计划项目(黔科合基础-ZK[2021]一般 120)。

## 参考文献

- 敖晋,柳玉芝(2004). 中国高龄老人认知下降及相关因素. *中国心理卫生杂志*, 18(2), 119-122.  
<https://doi.org/10.3321/j.issn:1000-6729.2004.02.020>
- 霍丽娟,郑志伟,李瑾,李娟(2018). 老年人的脑可塑性:来自认知训练的证据. *心理科学进展*, 26(5), 846-858.  
<https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2018.00846>
- 李旭,杜新,陈天勇(2014). 促进老年人认知健康的主要途径(综述). *中国心理卫生杂志*, 28(2), 125-132.  
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-6729.2014.02.008>
- 尹述飞,陈祥展,刘启珍,丁舟舟,李添,杨伟平,朱心怡(2019). 老年人认知训练的神经机制研究. *生物化学与生物物理进展*, 46(2), 152-161. <https://doi.org/10.16476/j.pibb.2018.0147>
- Anguera, J. A., Boccanfuso, J., Rintoul, J. L., Al-Hashimi, O., & Gazzaley, A. (2013). Video Game Training Enhances Cognitive Control in Older Adults. *Nature*, 501, 97-101. <https://doi.org/10.1038/nature12486>
- Ball, K., Berch, D. B., Helmers, K. F., Jobe, J. B., Leveck, M., Marsiske, M. et al. (2002). Effects of Cognitive Training Interventions with Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *JAMA*, 288, 2271-2281.  
<https://doi.org/10.1001/jama.288.18.2271>

- Clare, L. (2004). Cognitive Training and Cognitive Rehabilitation for People with Early-Stage Dementia. *Reviews in Clinical Gerontology, 13*, 75-83. <https://doi.org/10.1017/S0959259803013170>
- Deveau, J., Ozer, D. J., & Seitz, A. R. (2014). Improved Vision and On-Field Performance in Baseball through Perceptual Learning. *Current Biology, 24*, 146-147. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2014.01.004>
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C., & Brennan, S. (2014). The Impact of Cognitive Training and Mental Stimulation on Cognitive and Everyday Functioning of Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Agricultural Reviews, 15*, 28-43. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.02.004>
- Li, S.-C., Schmiedek, F., Huxhold, O., Röcke, C., Smith, J., & Lindenberger, U. (2008). Working Memory Plasticity in Old Age: Practice Gain, Transfer, and Maintenance. *Psychology and Aging, 23*, 731-742. <https://doi.org/10.1037/a0014343>
- Niear, M. D., Gupta, P. B., Baum, S. H., & Wallace, M. T. (2017). Perceptual Training Enhances Temporal Acuity for Multisensory Speech. *Neurobiology of Learning and Memory, 147*, 9-17. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2017.10.016>
- Niear, M. D., Koo, B., & Wallace, M. T. (2016). Multisensory Perceptual Learning Is Dependent upon Task Difficulty. *Experimental Brain Research, 234*, 3269-3277. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4724-3>
- Powers, A. R., Hillock, A. R., & Wallace, M. T. (2009). Perceptual Training Narrows the Temporal Window of Multisensory Binding. *Journal of Neuroscience, 29*, 12265-12274. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.3501-09.2009>
- Schaie, K. W., & Willis, S. L. (1986). Can Decline in Adult Intellectual Functioning Be Reversed? *Developmental Psychology, 22*, 223-232. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.22.2.223>
- Setti, A., Stapleton, J., Walsh, C., Leahy, D., Kenny, R. A., & Newell, F. N. (2014). Improving the Efficiency of Multisensory Integration in Older Adults: Audio-Visual Temporal Discrimination Training Reduces Susceptibility to the Sound-Induced Flash Illusion. *Neuropsychology, 61*, 259-268. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.06.027>
- Stevenson, R. A., Wilson, M. M., & Powers, A. (2013). The Effects of Visual Training on Multisensory Temporal Processing. *Experimental Brain Research, 225*, 479-489. <https://doi.org/10.1007/s00221-012-3387-y>
- Wallace, M. T., & Stevenson, R. A. (2014). The Construct of the Multisensory Temporal Binding Window and Its Dysregulation in Developmental Disabilities. *Neuropsychology, 64*, 105-123. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.08.005>
- Xu, Z., Yang, W., Zhou, Z., & Ren, Y. (2020). Cue-Target Onset Asynchrony Modulates Interaction between Exogenous Attention and Audiovisual Integration. *Cognitive Processing, 21*, 261-270. <https://doi.org/10.1007/s10339-020-00950-2>
- Yang, J., Yan, F., Chen, L., Xi, J., & Huang, C. B. (2020). General Learning Ability in Perceptual Learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 117*, 19092-19100. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002903117>
- Yang, W., Guo, A., Li, Y., Qiu, J., Li, S., Yin, S. et al. (2018). Audio-Visual Spatiotemporal Perceptual Training Enhances the P300 Component in Healthy Older Adults. *Frontiers in Psychology, 9*, Article 2537. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02537>
- Yin, S., Zhu, X., Li, R., Niu, Y., Wang, B., Zheng, Z. et al. (2015). Intervention-Induced Enhancement in Intrinsic Brain Activity in Healthy Older Adults. *Scientific Reports, 4*, Article No. 7309. <https://doi.org/10.1038/srep07309>