

音乐相关训练经历对老年人视觉工作记忆的影响

黄丕兰, 陈玉田, 陈睿*

云南师范大学教育学部, 云南 昆明

Email: *13759599505@163.com, 18487141362@163.com, c13095394898@163.com

收稿日期: 2020年9月19日; 录用日期: 2020年10月5日; 发布日期: 2020年10月12日

摘要

考察有社区老年大学合唱, 舞蹈训练经历是否对老年人的工作记忆能力有积极影响。研究以年轻人为对照组, 采用N-back实验范式考察有无音乐相关训练经历的年轻人和老年人的工作记忆能力特点。结果发现, 被试在高难度条件下(2-back)的反应速度和准确率显著差于低难度条件(1-back); 在两种任务难度条件下, 老年人的反应速度和准确率均显著差于年轻人; 有音乐相关训练经历的老年人工作记忆正确率显著高于无音乐相关训练经历老年人。说明, 年龄增长会导致工作记忆能力衰退, 但是音乐相关训练经历在一定程度上可以延缓年龄增长带来的工作记忆能力衰退, 但这种影响仅体现在准确率上。

关键词

老年人, 音乐相关训练经历, 工作记忆

Effects of Music Related Training Experience on Visual Working Memory of the Elderly

Pilan Huang, Yutian Chen, Rui Chen*

Faculty of Education, Yunnan Normal University, Kunming Yunnan

Email: *13759599505@163.com, 18487141362@163.com, c13095394898@163.com

Received: Sep. 19th, 2020; accepted: Oct. 5th, 2020; published: Oct. 12th, 2020

Abstract

The present study aimed to investigate whether the chorus and dance training experience ac-
*通讯作者。

quired in community's senior college has a positive impact on the working memory ability of the elderly. N-back paradigm was adopted to investigate the character of the working memory of the elderly with or without music related training experience compared to their young counterparts. The results showed that the performance in reaction speed and accuracy rate of all subjects were significantly worse on the 2-back task than that on the 1-back task. Under the two task difficulty conditions, the elderly performed significantly worse in reaction speed and accuracy rate than that of their young counterparts. The working memory accuracy rate of the elderly with music related training experience was significantly higher than that of the elderly without such experience. The results showed that aging could lead to the decline of working memory ability, but music related training experience could slow down the decline of working memory ability caused by aging to a certain extent, but this effect is only reflected in the accuracy.

Keywords

The Elderly, Music Related Training Experience, Working Memory

Copyright © 2020 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

随着年龄的增长, 人类大脑的结构和功能逐渐退化。典型的大脑结构退化包括额叶、颞叶灰质和白质的萎缩, 顶叶和内侧颞区的结构改变, 脑室扩张以及脑脊液增加等等, 功能上的衰退主要表现在认知衰退上, 如, 记忆力减退, 加工速度减慢, 反应灵活性变差, 学习能力减弱, 认知控制能力变差等(Nordahl et al., 2006; Wang et al., 2020; Waters, Sawyer, & Gansler, 2018)。由于目前尚无已知的治疗老年性神经退行性疾病的方法, 而且这些疾病的存在会给医疗服务带来沉重的负担, 因此各科学界需要找到合适的方法, 以期其可以保持大脑健康, 延缓年龄相关的认知衰退。在认知心理学研究中, 探索延缓老年人工作记忆等认知衰退的影响因素, 有利于找到维持老年人工作记忆的方法。

工作记忆(working memory)是存储容量有限的记忆系统, 反映了信息的暂时存储、加工以及提取能力(Baddeley, 1992a, 1992b), 与流体智力关系密切。但工作记忆能力发展到一定的年龄阶段将随年龄的增长而逐渐衰退。有研究采用活动记忆范式(running memory task or letter memory task)考察成年人(平均年龄 22.8 岁)以及老年人(平均年龄 65.4 岁)对最近呈现项目的回忆能力, 结果发现, 当识记数目为 6 个时, 老年人与年轻人的成绩无显著差异, 当识记数量为 12 个项目时, 老年人的成绩显著低于年轻人(Linden, Brédart, & Beerten, 1994)。这说明相比于机械式的简单回忆, 工作记忆能力更容易受到年龄老化的影响。另一项研究选取 18 至 85 岁的个体为研究对象, 采用加工速度测试, 流体智力测试以及工作记忆刷新测试, 其中包括数字活动记忆任务(Digit Updating task)、保持追踪任务(Keep Track task)、矩阵刷新任务(Matrix Updating task)考察年龄的增长对三种能力衰退的影响(Chen & Li, 2007)。结果表明工作记忆能力随年龄的增长显著衰退。但是年龄增长并不总是带来消极影响, 个体的大脑有着强大的可塑性(Herholz & Zatorre, 2012), 意味着个体的某些知识经验或某些技能训练经历会修复大脑结构和功能。

一个常见的观点认为, 复杂的技能训练对认知有积极影响。如, 经过专业音乐训练之后, 所获得的音乐演奏或歌曲演唱技能对年轻以及老年个体的工作记忆有积极的影响(Román-Caballero, Arnedo, Triviño, & Lupiáñez, 2018; Escobar, Mussoi, & Silberer, 2020; Vuvan, Simon, Baker, Monzingo, & Elliott, 2020)。在有音乐

经验和没有音乐经验的年轻人工作记忆能力的研究中, 研究者发现相对于没有音乐训练经验的被试, 有音乐训练经验的被试的工作记忆能力更强(王婷, 植凤英, 陆禹同, 张积家, 2019)。在以老年被试为研究对象的实验中, 研究者发现老年音乐家在听觉和视觉空间工作记忆任务以及听觉辨别能力方面优于老年非音乐家, 但在短时记忆任务上, 这两组无显著差异(Grassi, Meneghetti, Toffalini, & Borella, 2018)。说明长期正规音乐训练对于年轻和老年人的视听工作记忆有积极的影响。即使是经过短期的音乐训练, 这种积极效应同样也被观察到。如, 有研究对儿童、青少年和成年早期个体进行为期 5 年的追踪, 发现音乐训练对个体工作记忆有促进作用(Nutley, Darki, & Klingberg, 2014)。有研究选取 31 名未接受过音乐训练的老年人(60~85 岁)随机分为实验组和对照组对其进行钢琴演奏训练, 在三个时间点进行工作记忆评估: 训练前、干预 3 个月后和干预 6 个月后。与对照组相比, 实验组在轨迹追踪测验(Trail Making Test)和数字符号测试(Digit Symbol measures)方面的成绩有显著的提高(Bugos, Perlstein, McCrae, Brophy, & Bedenbaugh, 2007)。另外有研究选取 63~80 岁的老年个体为研究对象, 在进行注意力, 工作记忆等一系列测量后, 将其随机分入舞蹈训练组和普通健身运动组。舞蹈组进行为期 6 个月每周两次每次 2 小时的爵士舞、拉丁舞等舞蹈训练, 普通健身运动组进行为期 6 个月每周两次每次 2 小时的自行车骑行等运动训练(Rehfeld et al., 2018)。训练结束后采用基于体素的形态学进行测量(voxel-based morphometry, VBM), 结果发现与传统的普通健身活动相比, 跳舞导致更多的大脑区域(包括扣带状皮层, 脑岛和感觉运动皮层)灰质体积增加。认知能力方面, 两组的注意力和空间工作记忆均得到改善, 但没有出现明显的组间差异(Rehfeld et al., 2018)。

通过对上述研究梳理发现, 无论是长期(10 年以上)或者短期音乐技能相关训练都对年轻和老年人的工作记忆产生了积极影响。目前, 由于老年人口的增加, 很多社区开设老年大学, 使得很多老年人有机会获得音乐相关技能训练, 这些音乐相关的技能训练包括合唱、舞蹈和乐器演奏等。这类老年人参加老年大学获得音乐相关技能训练仅是由于兴趣使然而坚持练习, 不从事任何音乐相关的职业。意味着, 他们接受训练的时长和强度比不上经过专业训练的音乐家。老年人正处于工作记忆衰退期, 这种由于兴趣使然获得的音乐相关技能训练经历对他们的视觉工作记忆是否同样有积极作用是值得关注的。以及这种短期的训练经历对年轻人和老年人的影响是否一致也是值得考察的。

综上, 目前尚不清楚靠兴趣使然获得的音乐相关训练经历是否会对老年人的工作记忆能力产生积极的影响, 以及这种经历对老年人和年轻人的影响是否是一致的。研究拟选取接受过和未接受过音乐相关训练的年轻和老年人为研究对象, 以年轻人为对照组, 由于考虑到老年人的受教育程度, 故采用不受实验材料性质限制的 N-back 实验范式对年轻和老年人的工作记忆能力进行测量(Kirchner, 1958), 研究过程中主要考察自主学习或进入老年大学学习后获得的音乐相关经历对老年人视觉工作记忆的影响。基于 1-back 在考察工作记忆能力时属于低难度范畴, 2-back 任务在测量工作记忆能力时则属于高难度范畴, 因此实验设置两个任务难度, 以测量不同难度下被试的工作记忆能力结果是否存在差异。研究假设为: 1) 在两种任务难度条件下, 年轻人工作记忆的速度和准确率显著优于老年人; 2) 有音乐相关训练经历年轻人工作记忆的速度和准确率显著优于无音乐相关训练经历年轻人; 3) 有音乐相关训练经历老年人工作记忆的速度和准确率显著优于无音乐相关训练经历老年人。

2. 实验

2.1. 被试

音乐相关训练经历组大学生 22 人(男生 10 人), 年龄范围 18~22 岁, 平均年龄 19.86 ± 0.834 岁, 接受过 36 周每周 1.5 小时的专业钢琴课程训练, 除特定课程外每周进行至少 7 小时以上的训练; 无音乐相关训练经历组大学生 20 人(男生 9 人), 年龄范围 21~24 岁, 平均年龄 21.5 ± 0.827 岁。音乐相关训练经

历组老年人 24 人(男性 10 人), 年龄范围 50~75 岁, 平均年龄 61.83 ± 6.670 岁, 2 人有 10 年以上吉他演奏经验, 22 人参加过为期三年平均每周 2 小时的合唱团演唱训练和舞蹈训练, 除此之外, 他们也参加太极、乒乓球、麻将等活动, 这些活动的时长比合唱以及舞蹈训练的时长更短, 频率更少。2 人为大学学历, 6 人为大专学历, 10 人为初中学历, 6 人为小学学历; 无音乐相关训练经历组老年人 22 人(男性 10 人), 年龄范围 52~72 岁, 平均年龄 63.09 ± 4.994 岁, 4 人为大专学历, 10 人为初中学历, 8 人为小学学历, 他们不会演奏任何乐器, 未进行过任何乐器演奏训练, 日常生活以做家务、带孩子为主, 偶尔也参加广场舞等运动。所有被试精神状态良好, 社会交往功能正常, 但是, 38 名老年人患有高血压, 服用降压药, 其余身心状况良好。此前未参加过类似测试, 签署知情同意后进行测试, 在中途的任何时间被试可自行退出测试, 测试结束后被试获得相应生活用品作为补偿。

2.2. 仪器和实验材料

实验仪器为华硕笔记本电脑, 刷新率 60 Hz, 分辨率 1366×768 像素。由于研究所选取的老年人教育程度存在差异, 考虑到老年人对文字类的实验材料加工会受到文化程度的影响, 因此选取非言语材料为实验材料。材料为 9 幅 3×3 的正方形九宫格型图片, 内外边框为黑色, 9 幅图片中, 黑色填充依次出现在 9 个位置, 其余格子为灰色(详见图 1)。

2.3. 实验设计

实验设计为音乐相关训练经历 2 (有、无音乐相关训练经历) \times 年龄特征 2 (年轻、老年) \times 任务难度 2 (1, 2-back) 的混合实验设计。其中音乐训练经历, 年龄特征为被试间变量, 任务难度为被试内变量。因变量为被试的反应速度和准确率。

2.4. 单个试次实验流程

在 1-back 任务中, 首先, 将 9 幅九宫格图片打印在纸上, 给被试演示实验流程, 待被试理解之后打开电脑, 辅助被试将手指轻轻放在键盘上, 并嘱咐其不要随意移开手指和随意按键。告诉被试平视电脑屏幕, 眼睛看着注视点“+”, “+”会呈现 500 ms, 注视点消失后, 第一个带有黑色填充的九宫格图片会出现, 不设时间限制, 被试需要识记图片, 记住后随意按一个键, 按键后图片消失, 500 ms 的空屏掩蔽后, 第二个九宫格图片出现时, 被试需要将其与第一个比较, 判断二者是否相同并迅速按键反应。依次类推, 第三个图片出现时, 被试需比较其与第二个图片是否相同。为平衡利手效应带来的消极影响, 一半被试在前后图片相同时按“A”键, 在前后图片不不同时按“L”键, 其余被试则反之。按“A”键与按“L”键的比例设置为 1:1。任务设置练习试次组和正式测试试次组, 练习过程提供反馈, 可不断重复练习, 正式测试分 3 个试次组, 每个试次组 31 个试次, 不提供任何反馈。

在 2-back 任务中, 所有刺激呈现设置与 1-back 任务相同, 只是, 被试不判断第一和第二个图片, 记住其内容后随意按键。当第三个图片出现时, 被试需要判断其与第一个图片是否相同, 依次, 被试需判断当前出现图片与前第 2 次出现的图片是否相同。正式测试每个试次组 32 个试次。

3. 结果分析

3.1. 正确率结果分析

1-back 任务中, 将每个试次组的第一个试次剔除, 2-back 任务中将每个试次组的第一、第二个试次剔除。结果见表 1。

重复测量方差分析结果显示, 任务难度主效应显著, $F(1, 84) = 79.913, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.48$ 。被试

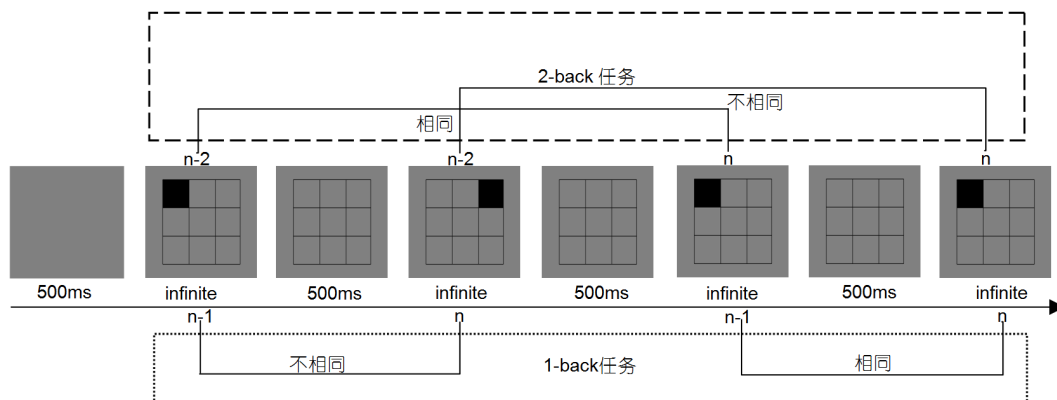


Figure 1. The example of visual working memory task

图 1. 视觉工作记忆任务示例

在 1-back 条件下的正确率 89.9% 显著高于 2-back 条件下的正确率 77.6%。年龄特征主效应显著, $F(1, 86) = 49.334, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.365$ 。年轻人的正确率 90.2% 显著高于老年人的正确率 77.3%。年龄特征 \times 音乐相关训练经历交互效应显著, $F(1, 84) = 49.334, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.077$ 。简单效应分析发现, 有音乐相关训练经历的老年人的正确率 82.8% 显著高于无音乐相关训练经历老年人的正确率 71.3%, $p < 0.001$, 有/无音乐相关训练经历的年轻人的正确率无显著差异, $p = 0.997$; 有音乐相关训练经历的年轻人的正确率 90.2% 显著高于有音乐相关训练经历的老年人的正确率 82.8%, $p = 0.002$, 无音乐相关训练经历的年轻人的正确率 90.2% 显著高于无音乐相关训练经历的老年人的正确率 71.3%, $p < 0.001$ 。年龄特征 \times 任务难度交互效应显著, $F(1, 84) = 6.995, p < 0.01, \eta_p^2 = 0.07$ 。简单效应分析发现, 年轻人 1-back 任务正确率 94.5% 显著高于 2-back 任务正确率 85.8%, $p < 0.001$, 老年人 1-back 任务正确率 85.1% 显著高于 2-back 任务正确率 69.1%, $p < 0.001$; 在 1-back 任务上, 年轻人的正确率 94.5% 显著高于老年人 85.1%, $p < 0.001$, 在 2-back 任务上, 年轻人的正确率 85.8% 显著高于老年人 69.1%, $p < 0.001$, 其余主效应和交互效应不显著 ($F < 1.052, p > 0.308$)。

Table 1. Descriptive statistics of working memory accuracy (%) of young and old subjects with or without music related training experience

表 1. 有无音乐相关训练经历年轻和老年被试工作记忆正确率(%)描述统计

任务难度	音乐相关训练经历	年龄特征	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1-back	无	年轻人	22	94.55	2.69
		老年人	22	77.94	9.80
	有	年轻人	20	94.40	2.26
		老年人	24	92.19	7.50
2-back	无	年轻人	22	85.77	10.00
		老年人	22	64.67	14.42
	有	年轻人	20	85.90	9.96
		老年人	24	73.50	14.33

3.2. 反应时结果分析

在反应时分析过程中, 剔除平均值 ± 3 个标准差以及反应速度快于 200 ms 的极端值, 年轻人 1-back 任务数据剔除率为 3.05%, 2-back 任务数据剔除率为 3.66%。老年人 1-back 任务数据剔除率为 3.43%, 2-back

任务数据剔除率为 3.79%。结果见表 2。

Table 2. Descriptive statistics of working memory reaction time (ms) of young and old subjects with or without music related training experience

表 2. 有无音乐相关训练经历年轻和老年被试工作记忆反应时(ms)描述统计

任务难度	音乐训练经历	年龄特征	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
1-back	无	年轻人	22	609	127
		老年人	22	1653	648
	有	年轻人	20	650	82
		老年人	24	1440	531
2-back	无	年轻人	22	857	176
		老年人	22	1889	597
	有	年轻人	20	828	146
		老年人	24	1848	454

经重复测量方差分析发现, 任务难度主效应显著, $F(1, 84) = 63.592, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.431$ 。被试在 1-back 条件下的反应时 1088 ms 显著快于 2-back 条件下的反应时 1355 ms。年龄特征主效应显著, $F(1, 84) = 139.426, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.624$ 。年轻人的反应时 736 ms 显著快于老年人的反应时 1707 ms。其余主效应和交互效应不显著($F < 3.205, p > 0.077$)。

4. 讨论

研究选取有音乐相关训练经历和无音乐相关训练经历的老年人为研究对象, 以年轻人为对照组, 采用 N-back 实验范式考察老年人通过参加老年大学获得的音乐相关(合唱以及舞蹈)训练经历是否对老年人的视觉空间工作记忆有积极的影响, 以及这种短期音乐相关训练经历对年轻人和老年人的影响是否一致。

研究结果显示, 在两种任务难度条件下, 老年人的正确率和反应速度成绩均显著差于年轻人, 说明, 年龄的增长带来了工作记忆能力的衰退。研究结果与研究假设(1)一致, 与 Gajewski, Hanisch, Falkenstein, Thones, Wascher (2018)的研究结果一致。

研究结果发现, 无论是有音乐相关训练经历还是无音乐相关训练经历老年人工作记忆成绩都显著差于年轻人, 但是有音乐相关训练经历老年人在两种难度工作记忆刷新任务上的正确率显著高于无音乐相关训练经历老年人, 说明音乐相关训练经历在一定程度上对老年人工作记忆能力产生积极影响, 并且这种积极影响不会因难度不同而不同。很多研究已经证明, 长期演奏乐器的老年音乐家的认知功能比没有乐器演奏经验的老年人更好, 且老年音乐家的这种认知功能优势得到了神经生理学证据的支持(Alain et al., 2019; Mansens, Deeg, & Comijs, 2017; Moussard, Bermudez, Alain, Tays, & Moreno, 2016)。本研究选取社区老年大学参加过合唱训练以及舞蹈训练的老年人和普通老年人为研究对象, 结果也发现有音乐相关训练经历的老年人在视觉空间工作记忆上面的表现要好于无音乐相关训练经历的普通老年人。推测原因如下, 第一, 音乐相关技能训练涉及多种认知过程, 例如学习合唱、舞蹈和乐器演奏是一项多模态的任务, 需要在大脑两个半球的多个脑区之间进行交流(Moore, Schaefer, Bastin, Roberts, & Overy, 2014)。成功的舞蹈表演需要将身体动作与听觉信息结合起来, 听觉和运动耦合, 对于诱发神经系统改变有着至关重要的作用, 而这一过程有利于增加枕叶和颞叶的灰质体积(Sutcliffe, Du, & Ruffman, 2020), 利于预防大脑认知功能衰退。另外, 音乐相关训练涉及复杂的认知能力, 训练过程中需要灵活的注意力, 以及抑制无关的听觉和视觉刺激, 必须根据复杂的规则和组合来处理存储的乐音信息(Wan & Schlaug, 2010), 并且阅

读指挥(conductor)的动作需要强烈的空间联想能力来感知音符。这个训练过程与认知控制以及工作记忆密切相关,因此它可以改善老年人的认知状况。第二,相比于其他认知训练课程,音乐相关训练更令人愉快(Sutcliffe et al., 2020)。并且去社区老年大学参加合唱团以及舞蹈训练的老年人都是由于自己兴趣和意愿使然,他们更可能坚持训练下去。除了发展音乐技能和参与表演的内在享受外,群体授课的方式,以及同伴反馈可能有助于提高老年人音乐技能训练的自我效能感以及坚持训练的动机,从而进一步促进认知改善。另外,很多老年人更喜欢以小组为基础的课程,因为这为他们提供了建立新的社会关系的机会,与他人互动,以学习者的身份相互支持,并参与集体音乐表演,这可能会对他们的心理健康造成积极的影响。正如研究发现,相比于不演奏乐器的老年人,演奏乐器的老年人简易精神状态筛查(Mini-Mental State Examination, MMSE)得分更好,并且经过为期一年的追踪调查发现,经常演奏乐器的老年人简易精神状态筛查得分显著提高(Mansky et al., 2020)。

尽管音乐相关训练已经被证明对延缓老年人的工作记忆有积极作用,但是不容忽视的是持续和定期参与训练对产生显著的认知效益尤为重要。学习一项复杂任务,比如,乐器演奏可以通过桥小脑束促进额叶皮层和小脑之间的连接(Bugos et al., 2007)。然而,这种神经可塑性变化在训练停止一周后消失。因此,对于老年人个人而言,应选择自己感兴趣的音乐相关技能进行训练,训练过程中注意方法得当,每天训练时长不宜过长,最后应坚持下去。对于社区、养老院和社会组织公益组织等在组织老年人进行音乐相关技能训练时应充分考虑老年人的身体状况、兴趣等,训练过程应循序渐进,难易适中,让老年人在表达情感,愉悦身心的过程中延缓认知衰退,保持大脑健康,延长健康预期寿命。音乐训练的好处不仅限于认知,而且还可以改善老年人的生活质量(Seinfeld, Figueroa, Ortiz-Gil, & Sanchez-Vives, 2013)。所以,老年人多参加社区老年大学音乐相关技能训练对其认知、身心健康状况都是有积极的影响的。

最后,研究未发现有无音乐训练经历年轻人的工作记忆刷新能力存在差异,与研究假设(2)不符。这说明短期音乐相关训练经历对年轻人与老年人的影响是不同的。尽管本研究结果支持社区老年大学音乐相关的合唱以及舞蹈训练经历对老年人的视觉空间工作记忆有积极的影响,但是这种积极影响仅表现在准确率上,研究未发现音乐相关训练经历对老年人的反应速度存在影响,结果与研究假设(3)不一致。另外,研究也存在些许不足,第一,研究对象未达大样本的标准。第二,参加社区老年大学的老年人,本身性格开朗,爱好社交,兴趣广泛,除合唱、舞蹈等活动外,他们也参加乒乓球、太极、麻将等群体活动,目前研究结果无法排除老年人的社交状况是否会对其认知功能产生影响。未来研究中需要更严谨科学的研究设计来考察音乐相关技能训练对老年人工作记忆的影响。

致 谢

感谢云南省哲学社会科学教育科学规划项目(AC19007)和云南师范大学研究生科研创新基金项目(ysdyjs2019057)提供资金支助。感谢云南师范大学教育学部教师,张月老师和毓和社区,职教小区,云居小区在数据采集过程中提供的帮助。

基金项目

本文系云南省哲学社会科学教育科学规划项目(AC19007)和云南师范大学研究生科研创新基金项目(ysdyjs2019057)阶段性成果。

参考文献

- 王婷,植凤英,陆禹同,张积家(2019). 侗歌经验对侗族中学生执行功能的影响. *心理学报*, 51(9), 1040-1056.
- Alain, C., Moussard, A., Singer, J., Lee, Y., Bidelman, G. M., Moreno, S. et al. (2019). Music and Visual Art Training Modulate Brain Activity in Older Adults. *Frontiers in Neuroscience*, 13, Article No. 182.

- <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00182>
- Baddeley, A. (1992a). Is Working Memory Working—The 15th Bartlett Lecture. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A—Human Experimental Psychology*, 44, 1-31. <https://doi.org/10.1080/14640749208401281>
- Baddeley, A. (1992b). Working Memory. *Science (American Association for the Advancement of Science)*, 255, 556-559. <https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Bugos, J. A., Perlstein, W. M., McCrae, C. S., Brophy, T. S., & Bedenbaugh, P. H. (2007). Individualized Piano Instruction Enhances Executive Functioning and Working Memory in Older Adults. *Aging & Mental Health*, 11, 464-471. <https://doi.org/10.1080/13607860601086504>
- Chen, T. Y., & Li, D. M. (2007). The Roles of Working Memory Updating and Processing Speed in Mediating Age-Related Differences in Fluid Intelligence. *Aging Neuropsychology and Cognition*, 14, 631-646. <https://doi.org/10.1080/13825580600987660>
- Escobar, J., Mussoi, B. S., & Silberer, A. B. (2020). The Effect of Musical Training and Working Memory in Adverse Listening Situations. *Ear and Hearing*, 41, 278-288. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000754>
- Gajewski, P. D., Hanisch, E., Falkenstein, M., Thones, S., & Wascher, E. (2018). What Does the n-Back Task Measure as We Get Older? Relations between Working-Memory Measures and Other Cognitive Functions across the Lifespan. *Frontiers in Psychology*, 9, Article No. 2208. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02208>
- Grassi, M., Meneghetti, C., Toffalini, E., & Borella, E. (2018). Correction: Auditory and Cognitive Performance in Elderly Musicians and Nonmusicians. *PLoS ONE*, 13, e192918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192918>
- Herholz, S. C., & Zatorre, R. J. (2012). Musical Training as a Framework for Brain Plasticity: Behavior, Function, and Structure. *Neuron (Cambridge, Mass.)*, 76, 486-502. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.10.011>
- Kirchner, W. K. (1958). Age Differences in Short-Term Retention of Rapidly Changing Information. *Journal of Experimental Psychology*, 55, 352-358. <https://doi.org/10.1037/h0043688>
- Linden, M., Brédart, S., & Beerten, A. (1994). Age-Related Differences in Updating Working Memory. *British Journal of Psychology*, 85, 145-152. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1994.tb02514.x>
- Mansens, D., Deeg, D. J. H., & Comijs, H. C. (2017). The Association between Singing and/or Playing a Musical Instrument and Cognitive Functions in Older Adults. *Aging & Mental Health*, 22, 970-977. <https://doi.org/10.1080/13607863.2017.1328481>
- Mansky, R., Marzel, A., Orav, E. J., Chocano-Bedoya, P. O., Grünheid, P., Mattle, M., Bischoff-Ferrari, H. A. et al. (2020). Playing a Musical Instrument Is Associated with Slower Cognitive Decline in Community-Dwelling Older Adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32, 1577-1584. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01472-9>
- Moore, E., Schaefer, R. S., Bastin, M. E., Roberts, N., & Overy, K. (2014). Can Musical Training Influence Brain Connectivity? Evidence from Diffusion Tensor MRI. *Brain Sciences*, 4, 405-427. <https://doi.org/10.3390/brainsci4020405>
- Moussard, A., Bermudez, P., Alain, C., Tays, W., & Moreno, S. (2016). Life-Long Music Practice and Executive Control in Older Adults: An Event-Related Potential Study. *Brain Research*, 1642, 146-153. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.03.028>
- Nordahl, C. W., Ranganath, C., Yonelinas, A. P., DeCarlil, C., Fletcher, E., Jagust, W. J. et al. (2006). White Matter Changes Compromise Prefrontal Cortex Function in Healthy Elderly Individuals. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18, 418-429. <https://doi.org/10.1162/jocn.2006.18.3.418>
- Nutley, S. B., Darki, F., & Klingberg, T. (2014). Music Practice Is Associated with Development of Working Memory during Childhood and Adolescence. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, Article No. 926. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00926>
- Rehfeld, K., Lüders, A., Hökelmann, A., Lessmann, V., Kaufmann, J., Brigadski, T., Müller, N. G. et al. (2018). Dance Training Is Superior to Repetitive Physical Exercise in Inducing Brain Plasticity in the Elderly. *PLoS ONE*, 13, e196636. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196636>
- Román-Caballero, R., Arnedo, M., Triviño, M., & Lupiáñez, J. (2018). Musical Practice as an Enhancer of Cognitive Function in Healthy Aging—A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 13, e207957. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207957>
- Seinfeld, S., Figueroa, H., Ortiz-Gil, J., & Sanchez-Vives, M. V. (2013). Effects of Music Learning and Piano Practice on Cognitive Function, Mood and Quality of Life in Older Adults. *Frontiers in Psychology*, 4, 810. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00810>
- Sutcliffe, R., Du, K., & Ruffman, T. (2020). Music Making and Neuropsychological Aging: A Review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 113, 479-491. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.03.026>
- Vuvan, D. T., Simon, E., Baker, D. J., Monzingo, E., & Elliott, E. M. (2020). Musical Training Mediates the Relation between Working Memory Capacity and Preference for Musical Complexity. *Memory & Cognition*, 48, 972-981.

<https://doi.org/10.3758/s13421-020-01031-7>

- Wan, C. Y., & Schlaug, G. (2010). Music Making as a Tool for Promoting Brain Plasticity across the Life Span. *The Neuroscientist (Baltimore, Md.)*, *16*, 566-577. <https://doi.org/10.1177/1073858410377805>
- Wang, B., Zhang, J., Pan, W., Cao, S. S., Li, B., Bai, L., Wang, K. et al. (2020). Differential Influence of Location-Specific White-Matter Hyperintensities on Attention Subdomains Measured Using the Attention Network Test. *Medical Science Monitor*, *26*, e921874. <https://doi.org/10.12659/MSM.921874>
- Waters, A. B., Sawyer, K. S., & Gansler, D. A. (2018). On the Impact of Interhemispheric White Matter: Age, Executive Functioning, and Dedifferentiation in the Frontal Lobes. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, *33*, 1271-1279. <https://doi.org/10.1002/gps.4924>