

音乐训练对执行功能的影响机制

冯梦杰

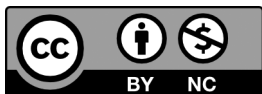
广西师范大学，桂林

摘要 | 本文综述了音乐训练对个体心理和认知发展的全面影响，特别强调了早期音乐训练在促进大脑结构和功能方面的重要作用。研究显示，音乐训练能显著增强挑战性环境下的听觉能力和执行功能，包括抑制控制、工作记忆和认知灵活性。此外，本文还探讨了音乐训练对特殊人群和老年人执行功能的潜在益处，指出未来研究的方向应包括制定个性化音乐训练计划和利用先进神经科学技术深化对音乐训练影响的理解。这些发现不仅为音乐教育和康复实践提供了重要指导，也展现了使用音乐作为提升认知能力和生活质量的有效途径。

关键词 | 音乐训练；抑制控制；工作记忆；认知灵活性

Copyright © 2024 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/>



1 引言

近年来，随着神经科学的发展和认知心理学的深入，研究者开始关注音乐训练（Music Training），不仅是对艺术技能本身的提高，还是对个体的整体认知发展，尤其是对执行功能的潜在正向影响^[1]。执行功能（Executive Function）作为一组控制和调节思维过程的认知能力，对于个体适应环境、完成目标导向任务，以及社会行为的发展至关重要^[2]。因此，探索音乐训练对执行功能的影响及其机制，不仅能够为我们提供音乐教育的认知和心理基础，还可能为促进认知发展、预防和治疗相关认知障碍提供新的视角和方法。

在过去的几十年里，众多研究已经指出音乐训练可以促进个体的语言能力、记忆力、注意力，以及其他非音乐认知能力^[3]。尤其在执行功能方面，音乐训练被发现与改善的工作记忆、更高的认知灵活性和更强的抑制控制能力有关^[4]。具体来说，这些能力是学习、解决问题和适应社会环境的基础^[5]。音乐训练通过要求个体进行复杂的感知处理、记忆、协调和创造性思维，可能正是通过这些要求来促进执行功能的发展。重要的是，音乐训练与执行功能关系的研究能够为音乐教育的价值和重要性提供科学依据。这种研究有助于家长、教育工作者和政策制定者理解音乐教育，它不仅仅是艺术技能的培养，更

是一种全面发展个体认知能力和社会适应能力的有效途径。此外，了解音乐训练对执行功能的影响机制，可以为设计更有效的音乐训练程序提供指导，这些程序不仅能够增强音乐技能，还能够有针对性地提高执行功能，特别是在儿童和青少年这些处在认知功能发展关键期的个体中。这一领域的研究还可能为认知障碍的预防和干预提供新策略。例如，对于 ADHD 或老年痴呆等涉及执行功能缺陷的疾病，音乐训练可能成为一种非药物的治疗手段。

当前综述旨在全面审视并分析三个核心领域：音乐训练本身的性质与范畴、执行功能的认知机制，以及音乐训练如何通过具体机制影响执行功能。通过细致梳理这些领域的最新研究进展，我们旨在揭示音乐训练对执行功能影响的深层次机制，进而为音乐教育实践提供科学依据，同时为认知发展和相关认知障碍的干预策略探索新的可能性。

2 音乐训练的心理机制

在心理学领域内，音乐训练被广泛定义为一个综合性和系统性的过程，其目的在于通过教授音乐理论知识、乐器演奏技巧、声乐表达能力，以及音乐欣赏等多个方面，全面促进个体的心理发展和认知能力的提升^[6]。这一定义不仅包含了音乐技能的直接学习和提高，还广泛涉及音乐活动对个体心理状态、情绪调节、社会互动能力乃至大脑结构和功能的积极影响。因此，音乐训练在心理学中的性质与范畴，既包括音乐作为一种艺术形式的学习和实践，也深入探讨了音乐活动作为一种复杂心理现象和认知刺激的广泛影响。

音乐训练对大脑结构和功能的显著影响尤其体现在与音乐直接相关的区域，例如听觉皮层、运动区域，以及与情绪和记忆相关的大脑区域。通过持续和有目的的练习，音乐活动不仅强化了这些区域的神经连接，而且促进了大脑对新信息的处理能力，从而支持了记忆力、注意力、语言能力和执行功能等认知能力的全面提升。最近有一项研究为脑可塑性提供了证据，特别强调了早期音乐训练对大脑结构和功能影响的年龄敏感期^[7]。具体来说，这项研究采用了支持向量机模型来深入探究早期训练与晚期训练音乐家之间在大脑结构上的差异分布模式。通过从小脑和皮质感觉运动区域筛选出特定的兴趣区，随后运用递归特征消除技术结合交叉验证，成功构建了一个能够最优且精确区分早期和晚期训练音乐家的模型。一个关键的发现是，相比于七岁以后音乐训练的个体，在七岁前开始训练的个体在音乐技能测试上表现更好，并且这种差异具体表现在运动皮质区和小脑区域^[7]。相关研究为这一结论提供了进一步证据，小脑对于有节奏的听觉刺激非常敏感，并且小脑在音乐分析过程中扮演着非常重要的角色^[8]。这一研究不仅验证了音乐训练的早期介入对大脑发展具有深远的正面影响，同时也揭示了大脑在特定的发展阶段对音乐训练特别敏感，从而为理解音乐训练如何促进大脑和行为的成熟提供了新的视角。

此外，研究发现音乐训练能够增强个体在挑战性环境下的听觉能力^[6]。该项研究利用功能性磁共振成像技术发现，相较于非音乐家，音乐家在识别各种信噪比环境下的音节能力更强，这种能力与左侧下额叶和右侧听觉区域活动更为强烈有关。且多体素模式分析结果显示，在较高 SNR 环境下，音乐家在双侧听觉和语言运动区域（如前运动皮层）呈现出更加特定的音素表征，而在较低 SNR 环境下，则在左侧语言运动区域表现出这一特性。音乐训练还提升了听觉和语言运动区域之间的内部及跨半球的功能连接。研究指出，音乐家在噪声环境下依然具有很强的语言理解能力，这依赖于两个半球中听觉与额前运

动皮层的更强、更精细的音位表征，以及这些区域间更紧密的功能连接，这些区域分别负责自下而上的频谱时间分析和自上而下的发音预测与感觉运动整合。这项研究深入揭示了音乐训练如何通过增强大脑的功能连接性和改善音位表征，提升在噪声环境中的语言理解能力，为音乐训练与认知功能之间的联系提供了有力的神经科学证据。它不仅强调了音乐训练对提高听觉识别能力的重要性，也为未来在老年人听力障碍领域的应用研究开辟了新的可能性。

3 执行功能的认知机制

执行功能代表了一组负责监控和控制思维过程的高级认知能力，对于个体适应新环境、解决问题和实现目标至关重要。这些能力包括计划、工作记忆、注意力控制、抑制控制，以及认知灵活性等^[9, 10]。执行功能的三个核心成分是被广泛接受的，即抑制控制、工作记忆和认知灵活性。具体来说，抑制控制涉及抑制不相关的任务和干扰刺激，工作记忆负责在脑中暂时存储和处理信息，而认知灵活性则是指适应新规则或环境的能力。

执行功能的测量通常通过一系列标准化的心理和神经心理学测试来进行，如 Stroop 测试、n-back 任务和威斯康星卡片分类测试，这些测试分别评估个体的抑制控制、工作记忆和认知灵活性。抑制控制（Inhibitory Control）是执行功能中的一个关键组成部分，它涉及个体对不相关任务的抑制和对干扰刺激的控制能力^[11, 12]。这种能力使得个体能够专注于当前任务，忽略无关的信息或刺激，从而提高任务执行的效率和准确性。抑制控制在日常生活中极为重要，如在充满诱惑的环境中保持自我控制，或在需要集中注意力的情境下屏蔽分心信息。抑制控制不仅关系到注意力的分配，还涉及情绪调节和冲动控制，对于社会适应和情绪健康具有重要影响。工作记忆（Working Memory）是另一个核心的执行功能，指的是在大脑中暂时存储和处理信息的能力^[13, 14]。这不仅包括保持信息的短暂记忆，还涉及对这些信息的操纵和更新，以支持复杂的认知任务，如阅读理解、学习、推理和解决问题。工作记忆是认知过程中不可或缺的一环，它为信息的临时存储提供了一个活跃的“工作空间”，使得个体能够对接收到的信息进行加工和整合，从而支持更高级的认知活动。认知灵活性（Cognitive Flexibility）涉及个体适应新规则或环境的能力，它是执行功能中的一个重要方面，反映了思维的灵活性和适应性^[15, 16]。认知灵活性使得个体能够在面对变化的情境或任务要求时迅速调整自己的思维模式，从而有效地处理新信息或转换任务。这种能力对于学习新技能、创造性思维，以及在复杂和不断变化的环境中做出快速决策至关重要。认知灵活性的高低直接影响个体解决问题的效率、适应新情境的能力，以及创新和创造性表现。

Stroop 测试是一种广泛用于评估个体抑制控制能力的心理学测试。该测试基于 Stroop 效应，即当字词的含义与它的颜色不一致时，人们在识别墨水颜色的任务中会遇到困难^[17]。例如，当“红色”这个词用绿色墨水打印时，参与者需要说出墨水的颜色（绿色），而不是字词的字面意义（红色）。这项测试评估的是个体抑制对自动化响应（词语的阅读）的能力，以及在干扰信息存在时保持任务目标的能力。n-back 任务是一种用来测量工作记忆能力的认知任务。在这项任务中，参与者被要求监视一系列刺激（例如，字母或数字），并指出当前刺激是否与 n 个位置之前出现的刺激相同^[18]。 n 的数值可以变化，常见的有 1-back、2-back 或 3-back 等，随着 n 值的增加，任务难度也相应增加。通过这种方式，n-back 任务能有效评估个体在心智中保持和操纵信息的能力，即工作记忆的容量和处理效率。威斯康星卡片分

类测试（Wisconsin Card Sorting Test）是评估认知灵活性的一个经典工具，特别是在评估个体适应新规则或环境的能力方面^[19]。在这项测试中，参与者需要根据不同的原则（如颜色、形状或数量）对一系列卡片进行分类。测试过程中，分类规则会在没有告知的情况下改变，参与者必须通过试错学习来识别新的分类规则。这一测试主要评估个体的问题解决能力、目标设定、抑制前一个规则的倾向，以及在任务要求变化时适应新规则的能力。

执行功能受到多种因素的影响，包括遗传、教育背景、社会经济状态和个人生活经历等。近年来，越来越多的研究表明音乐训练对执行功能存在显著的正面影响^[1, 6, 7, 20-22]。音乐训练不仅要求个体高度集中注意力，还需要良好的记忆力和同时处理多项任务的能力。长期的音乐训练被发现可以显著提高抑制控制、工作记忆和认知灵活性。音乐家在执行功能的各项测试中通常表现优于非音乐家，这反映出音乐训练可能提高了大脑处理信息的效率。此外，通过增强大脑的神经连接和可塑性，音乐训练有助于提升工作记忆和认知灵活性，从而增强解决问题的能力 and 适应新任务的速度。

4 音乐训练对执行功能的影响机制

在深入探讨音乐训练如何优化执行功能的过程中，本部分将系统地从三个关键方面进行分析和讨论。执行功能，作为高级认知过程的核心，包括抑制控制、工作记忆和认知灵活性这三个基本组成部分。每一部分对于理解个体如何处理和响应环境中的复杂信息至关重要。音乐训练，作为一种复杂的认知活动，已被广泛认为能够显著影响这些执行功能的发展和优化。

4.1 音乐训练对抑制控制的影响

音乐表演要求音乐家忽略外部无关的干扰，如观众的噪音或其他环境干扰，专注于演奏，这直接训练了他们的抑制控制能力^[23]。此外，音乐创作和即兴演奏中的自我表达需求促进了音乐家在选择音乐元素（如旋律、和声）时做出快速决策，进一步锻炼了他们的抑制控制。已有研究发现，与非音乐家相比，长期接受音乐训练的个体在抑制控制任务上表现更优。例如，在 Stroop 测试中，音乐家更能有效抑制对颜色词义的自动反应，更快速准确地识别墨水颜色。这表明音乐训练可能通过增强大脑的前额叶功能，改善抑制控制。前额叶是执行功能的关键脑区，负责规划、决策和抑制控制^[24]。音乐训练还可能通过增加大脑结构的灰质量和白质的完整性来影响抑制控制。音乐家的大脑显示出在负责处理音乐、语言和注意力的区域，如前额叶和顶叶，灰质密度更高，白质路径更加完整。这些结构上的改变可能是抑制控制能力提高的神经基础^[25]。进一步支持音乐训练对抑制控制能力增强作用的证据来自一项脑电研究，该研究通过细致划分抑制控制为反应抑制和冲突控制两个维度，并利用 Go/No-go 和 Stroop 任务从行为表现和脑电生理两个层面探讨了音乐训练与抑制控制能力之间的联系及其潜在的认知神经机制^[26]。研究结果显示，在行为层面上，接受音乐训练的个体在 Stroop 任务中表现出的干扰效应显著低于控制组，显示出更优秀的抑制控制能力；然而，在 Go/No-go 任务中两组之间并未显示出显著差异。在神经电生理层面，音乐训练组在 Go/No-go 任务中的 N2 和 P3 差异波幅（No-go 减去 Go 条件）显著大于控制组，表明了反应抑制任务中音乐训练可能增强了冲突监控和运动抑制的能力；同样，在 Stroop 任务中，音乐训练组的 N450 差异波幅（不一致减去一致条件）也显著大于控制组，进一步证实了音乐训练增强了冲突控制

的能力。这些发现从电生理学的角度为音乐训练提高抑制控制能力提供了额外的证据，展示了音乐训练与认知功能提升之间的直接联系。

综上所述，这些研究一致表明，音乐训练不仅能够提升个体的抑制控制能力，还可能通过促进大脑前额叶功能的增强和结构的改变，以及增强大脑不同区域间的协调作用，来实现这一点。这些发现强调了音乐训练在促进认知功能发展方面的潜在价值，为未来的教育和治疗实践提供了重要的指导。

4.2 音乐训练对工作记忆的影响

音乐训练要求音乐家记忆大量乐谱信息，并在演奏过程中即时处理及回忆这些信息。这种持续的认知活动促进了工作记忆的发展。听觉短时记忆（auditory short-term memory, aSTM）是理解随时间展开的听觉信息的基本能力。当前的研究支持音乐和言语 aSTM 部分共享网络的观点^[27]。这一发现的证据主要来自三个方面：首先，健康参与者的行为研究揭示了非音乐家与音乐家之间的差异，尤其是在音乐家群体中，对音乐信息的记忆能力明显优于非音乐家。其次，先天性失乐症患者的研究发现了选择性的音高 aSTM 缺陷，这进一步证实了音乐 aSTM 的特异性。最后，脑损伤患者的案例研究通过双重解离现象，展示了音乐与言语信息处理在大脑中可能依赖不同的网络。这些研究结果表明，尽管音乐训练显著提高了个体对音乐信息的处理能力，同时也可能影响了言语信息的处理。这种影响反映在音乐家在处理言语信息时，可能利用了他们在音乐训练中发展起来的相同或类似的认知和神经机制。因此，这不仅强调了音乐训练在提升特定认知能力方面的作用，而且也突出了音乐和言语在认知和神经层面上的交叉和互动，进一步证实了音乐和言语处理之间的部分重叠和特异性。未来的研究需要对比相同感知维度（如音高）在不同材料（如音乐和言语）中的 aSTM，以及更深入地探索言语和音乐在 aSTM 的不同组成部分（即编码、保持和检索）中共享和独特的机制，以便更全面地理解音乐训练如何影响和改善听觉短时记忆能力。

4.3 音乐训练对认知灵活性的影响

音乐训练，作为一种复杂的多模态活动，不仅要求执行精确的手部协调和听觉处理，还需要即时的记忆回顾和创造性思维。因此，探讨音乐训练如何通过各种机制影响认知灵活性，不仅有助于我们更好地理解音乐对人类大脑的影响，也为提升个体的认知功能提供了可能的途径。有研究对音乐家与非音乐家在执行功能方面的表现进行了比较。通过对 63 名音乐家和 64 名非音乐家（分别包括 63 名男性和 64 名女性）的认知处理速度以及认知灵活性的测试，研究发现音乐家相较于非音乐家有着显著更好的表现^[28]。

另有研究旨在分析认知灵活性和抑制过程在乐谱即兴演奏的流畅度和准确性中的不同贡献，特别是在乐谱即兴演奏任务难度不同的条件下。研究结果揭示，在乐谱即兴演奏任务的高难度条件下，认知灵活性显著贡献于流畅度，而抗干扰能力显著贡献于准确性^[29]。这表明音乐训练不仅能够提高个体在特定任务中的表现，还能够在较为复杂和挑战性的情境下增强其认知灵活性和抗干扰能力。这些能力的提升反映了音乐训练对大脑功能和结构的积极影响，进一步证明了音乐教育在促进认知发展方面的重要价值。通过深入理解音乐训练如何塑造和改进这些关键的认知功能，我们可以更有效地设计教育和康复程序，以利用音乐作为提升个体认知能力和整体生活质量的工具。

5 小结与展望

5.1 小结

音乐训练被认为是一种全面的心理和认知发展过程，它通过教授音乐理论、乐器演奏技巧、声乐表达能力和音乐欣赏等方面，对个体的心理状态、情绪调节、社会互动能力，以及大脑结构和功能产生积极影响。研究表明，早期音乐训练对大脑结构和功能的影响显示出年龄敏感期，提示音乐训练的早期介入对大脑发展具有深远的正面影响。音乐训练还被发现能够增强挑战性环境下的听觉能力，显示音乐家在处理复杂听觉信息方面相比非音乐家具有更强的能力。这种提升与音乐家大脑中特定区域活动的增强有关，进一步揭示了音乐训练如何通过增强大脑功能连接性和改善音位表征来提升语言理解能力。重要的是，在执行功能方面，音乐训练对于抑制控制、工作记忆和认知灵活性的提升尤为显著。音乐表演要求高度的集中注意力和快速决策，这直接训练了音乐家的抑制控制能力，研究发现音乐家在抑制控制任务上表现优于非音乐家。音乐训练还要求记忆和即时处理大量乐谱信息，促进了工作记忆的发展。此外，音乐训练通过提升认知灵活性，增强了个体在复杂和挑战性情境下的表现能力。

由此可见，音乐训练不仅是学习音乐技能的过程，更是一种全面提升个体心理和认知能力的有效途径。通过增强抑制控制、工作记忆和认知灵活性，音乐训练展示了对个体大脑功能和结构的积极影响，为音乐教育在促进认知发展方面的重要价值提供了强有力的支持。这些发现为设计教育和康复程序提供了宝贵的指导，展示了利用音乐作为提升认知能力和生活质量的潜在工具的可能性。

5.2 未来展望

随着对音乐训练与执行功能关联性研究的不断深入，未来的研究方向将更加注重于探索音乐训练对特殊人群和老年人执行功能的影响。这一研究领域的扩展不仅有助于深化我们对音乐训练影响认知功能机制的理解，也为设计针对性的音乐教育和康复计划提供了科学依据。特殊人群，如患有神经发育障碍的儿童和青少年，以及面临认知衰退风险的老年人，都可能从音乐训练中获益，改善其执行功能，从而提升生活质量和社会适应能力。

第一，音乐训练的多模态特性，如节奏感、旋律理解、和声感知，以及乐器操作技能，可以作为刺激这些儿童和青少年大脑发展的有效工具。这种训练方式尤其对于那些面临自闭症谱系障碍、注意力缺陷、多动障碍，以及其他各类学习障碍的年轻人来说，可能具有重要的正面影响。通过对音乐的学习和实践，不仅可以增强大脑的神经网络连接性，还可以在很大程度上改善他们的注意力控制能力、记忆力，以及情绪调节能力，从而促进整体的心理健康和认知发展。针对未来的研究方向，应着重于深入探究音乐训练如何具体影响这些特殊儿童的执行功能，重点关注其对工作记忆、抑制控制和认知灵活性的潜在改善效果。同时，鉴于每位患者都有其独特的病理特征和认知能力差异，定制化的音乐训练方案的开发与应用将成为研究的一大重点。这意味着未来的研究工作不仅要针对音乐训练的普遍效果，还要考虑如何根据每个个体的具体情况调整训练内容，以期达到最佳的教育和治疗效果。

第二，音乐训练对老年人执行功能的未来研究应该关注于如何通过创新和系统的方法，利用音乐活动来改善和维持老年人的认知健康。随着年龄的增长，执行功能往往会出现衰退。音乐训练，凭借其独

特的结构性和情感性,提供了一种潜在的干预方式,旨在减缓这些认知下降的趋势。未来研究应该侧重于量化音乐训练对改善老年人执行功能的效果,包括通过参与乐器演奏、歌唱和节奏练习等多样化音乐活动来激发大脑的不同区域,从而促进神经可塑性和认知功能的保持。此外,研究还应探索个性化音乐训练计划对于不同认知能力水平老年人的具体益处,以及这些训练如何影响老年人的日常生活功能和生活质量。通过运用先进的神经科学技术,如功能性磁共振成像和电生理测量,未来研究可以深入了解音乐训练如何在脑网络和行为水平上产生积极影响。这些研究成果将为开发基于音乐的干预措施提供科学依据,帮助老年人保持和提升认知能力,进而提高他们的生活质量和独立生活能力。

参考文献

- [1] Zhang L, Wang X, Alain C, et al. Successful aging of musicians: Preservation of sensorimotor regions aids audiovisual speech-in-noise perception [J]. *Science Advances*, 2023, 9 (17): 7056.
- [2] Adamis A M, Olatunji B O. Specific emotion regulation difficulties and executive function explain the link between worry and subsequent stress: A prospective moderated mediation study [J]. *Journal of Affective Disorders*, 2024 (348): 88-96.
- [3] Bigand E, Tillmann B. Near and far transfer: Is music special? [J]. *Memory & Cognition*, 2022, 50 (2): 339-347.
- [4] Wollesen B, Wildbrecht A, Van Schooten K S, et al. The effects of cognitive-motor training interventions on executive functions in older people: a systematic review and meta-analysis [J]. *European Review of Aging Physical Activity*, 2020, 17 (1): 1-22.
- [5] Tedla J S, Sangadala D R, Reddy R S, et al. High-definition trans cranial direct current stimulation and its effects on cognitive function: a systematic review [J]. *Cerebral Cortex*, 2023, 33 (10): 6077-6089.
- [6] Du Y, Zatorre R J. Musical training sharpens and bonds ears and tongue to hear speech better [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2017, 114 (51): 13579-13584.
- [7] Shenker J J, Steele C J, Zatorre R J, et al. Using cortico-cerebellar structural patterns to classify early-and late-trained musicians [J]. *Human Brain Mapping*, 2023.
- [8] Evers S. The cerebellum in musicology: a narrative review [J]. *The Cerebellum*, 2023: 1-11.
- [9] Miyata K, Koike T, Nakagawa E, et al. Neural substrates for sharing intention in action during face-to-face imitation [J]. *NeuroImage*, 2021 (233): 117916.
- [10] Van Overwalle F, Baetens K. Understanding others' actions and goals by mirror and mentalizing systems: A meta-analysis [J]. *NeuroImage*, 2009, 48 (3): 564-584.
- [11] Ng W Q, Tng G Y Q, Yang H, et al. Bilingual profiles differentially predict executive functions during early childhood: A latent profile analysis [J]. *Bilingualism: Language and Cognition*, 2023: 1-14.
- [12] Zhao L, Zhou D, Ma L, et al. Changes in emotion-related EEG components and brain lateralization response to negative emotions in adolescents with nonsuicidal self-injury: An ERP study [J]. *Behavioural Brain Research*, 2023 (445): 114324.
- [13] Sánchez S M, Schmidt H, Gallardo G, et al. White matter brain structure predicts language performance and learning success [J]. *Human Brain Mapping*, 2023, 44 (4): 1445-1455.
- [14] Kang X, Yip V, Matthews S, et al. A large-scale repository of spoken narratives in French, German and

- Spanish from Cantonese-speaking learners [J]. *Scientific Data*, 2023, 10 (1) : 183.
- [15] Hayes S C, Hofmann S G, Ciarrochi J. The Idionomic Future of Cognitive Behavioral Therapy: What Stands Out From Criticisms of ACT Development [J]. *Behavior Therapy*, 2023, 54 (6) : 1036–1063.
- [16] Yang B J I J O L, Literature, Translation. Foreign Language Learning Enhances Cognitive flexibility, which Facilitates Reported Perspective-taking: Evidence from PISA 2018 [J]. 2023, 6 (12) : 96–107.
- [17] Burca M, Chausse P, Ferrand L, et al. Some further clarifications on age-related differences in the Stroop task: New evidence from the two-to-one Stroop paradigm [J]. 2021: 1–9.
- [18] Waris O, Jylkkä J, Fellman D, et al. Spontaneous strategy use during a working memory updating task [J]. *Acta Psychologica*, 2021 (212) : 103211.
- [19] Gorora M E, Dalkner N, Moore R C, et al. A Meta-Cognitive Wisconsin Card Sorting Test in People with Schizophrenia and Bipolar Disorder: Self-assessment of Sorting Performance [J]. *Psychiatry Research*, 2024: 115831.
- [20] Zenk L, Hynek N, Schreder G, et al. Toward a system model of improvisation [J]. *Thinking Skills and Creativity*, 2022 (43) : 100993.
- [21] Navarro Ramón L, Chac ó n-l ó pez H. The impact of musical improvisation on children's creative thinking [J]. *Thinking Skills and Creativity*, 2021 (40) : 100839.
- [22] Després J-P, Burnard P, Dubé f, et al. Expert improvisers in Western classical music learning pathways [J]. *Thinking Skills and Creativity*, 2016 (22) : 167–179.
- [23] Fasano M C, Semeraro C, Cassibba R, et al. Short-term orchestral music training modulates hyperactivity and inhibitory control in school-age children: A longitudinal behavioural study [J]. *Frontiers in psychology*, 2019 (10) : 750.
- [24] Grégoire L, Perruchet P, Poulin-charronnat B, et al. How does Stroop interference change with practice? A reappraisal from the musical Stroop paradigm [J]. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, Cognition*, 2015, 41 (2) : 417.
- [25] Schulze K, Mueller K, Koelsch S. Auditory stroop and absolute pitch: an fMRI study [J]. *Human brain mapping*, 2013, 34 (7) : 1579–1590.
- [26] 陈洁佳, 周翊, 陈杰. 音乐训练与抑制控制的关系: 来自ERPs的证据 [J]. *心理学报*, 2020, 52 (12) : 1365–1376.
- [27] Caclin A, Tillman N B. Musical and verbal short-term memory: Insights from neurodevelopmental and neurological disorders [J]. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2018, 1423 (1) : 155–165.
- [28] Jansen P, Hoja S, Jost L. Are there gender differences in executive functions in musicians and non-musicians? [J]. *Journal of Individual Differences*, 2021.
- [29] Herrero L, Carriedo N. The role of cognitive flexibility and inhibition in complex dynamic tasks: the case of sight reading music [J]. *Current Psychology*, 2022, 41 (7) : 4625–4637.

The Mechanism of the Impact of Music Training on Executive Functions

Feng Mengjie

Guangxi Normal University, Guilin

Abstract: This article reviews the comprehensive impact of music training on individual psychological and cognitive development, with a special emphasis on the significant role of early music training in promoting brain structure and function. Research indicates that music training can significantly enhance auditory abilities and executive functions, including inhibitory control, working memory, and cognitive flexibility, in challenging environments. Additionally, the paper explores the potential benefits of music training for specific populations and the elderly regarding their executive functions, suggesting future research directions should include developing personalized music training programs and utilizing advanced neuroscience technologies to deepen the understanding of music training's effects. These findings not only provide important guidance for music education and rehabilitation practices but also demonstrate the effectiveness of using music as a means to improve cognitive abilities and quality of life.

Key words: Music training; Inhibitory control; Working memory; Cognitive flexibility