

The Influence of Music Training on Mental Rotation of Compound Letter Stimuli

Lele Fang¹, Junchen Shang^{1*}, Xiang Qiu², Xiaofang Sun³, Nan Chen¹

¹School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian Liaoning

²School of Child Development and Education, China Women's University, Beijing

³Department of Industrial Engineering, Tsinghua University, Beijing

Email: junchen_20081@163.com

Received: June 4th, 2019; accepted: June 19th, 2019; published: June 26th, 2019

Abstract

The present study investigated the effect of music training on mental rotation of compound stimuli. Compound letters were used to explore whether the performance in the mental rotation task was different between musicians and non-musicians. The accuracy of global rotation task was not significantly different from local rotation task for musicians. However, the accuracy of global rotation task was greater than local rotation task for non-musicians, showing an overall priority effect. Music training weakened the overall priority effect of the mental rotation task.

Keywords

Mental Rotation, Global Precedence, Compound Letter, Music Training

音乐训练对复合字母刺激心理旋转的影响

方乐乐¹, 尚俊辰^{1*}, 邱 香², 孙小方³, 陈 楠¹

¹辽宁师范大学心理学院, 辽宁 大连

²中华女子学院儿童发展与教育学院, 北京

³清华大学工业工程系, 北京

Email: junchen_20081@163.com

收稿日期: 2019年6月4日; 录用日期: 2019年6月19日; 发布日期: 2019年6月26日

摘 要

本实验探讨音乐训练对复合字母心理旋转任务的影响。采用复合字母刺激探讨经历长期音乐训练的被试*通讯作者。

文章引用: 方乐乐, 尚俊辰, 邱香, 孙小方, 陈楠(2019). 音乐训练对复合字母刺激心理旋转的影响. *心理学进展*, 9(6), 1057-1063. DOI: [10.12677/ap.2019.96130](https://doi.org/10.12677/ap.2019.96130)

与没训练过的被试完成心理旋转任务的绩效是否存在差异。结果发现, 音乐组被试在大字母旋转和小字母旋转任务中的正确率不存在显著差异, 而非音乐训练组在大字母旋转任务中的正确率显著高于小字母旋转任务, 表现出整体优先效应。音乐训练削弱了心理旋转任务中的整体优先效应。

关键词

心理旋转, 整体优先效应, 复合字母, 音乐训练

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

Rauscher, Shaw 和 Ky (1993)对聆听莫扎特音乐能够短暂提高被试的空间推理能力进行了报告。所有被试都经历了三个条件: 聆听莫扎特《D 大调双钢琴奏鸣曲》、聆听放松音乐及不听音乐, 每个条件后都让被试进行斯坦福-比纳智力量表测试。结果表明, 被试在聆听莫扎特音乐后在空间推理任务上的成绩显著高于其他条件, 这一研究结果也被称为“莫扎特效应”。Rauscher 等人的研究对科学界、社会各界及商业机构产生了极大的影响, 也促进了音乐训练对认知能力影响的研究。Bodner 等人(2013)采用 fMRI 技术进一步考察了被试聆听莫扎特、贝多芬等古典音乐及流行音乐时的脑激活模式, 结果发现, 在聆听莫扎特音乐时, 大脑背外侧前额叶、枕叶及小脑被显著激活, 而这些脑区被认为与空间推理有关。近年来, 关于音乐训练(music training)可以改变大脑结构、促进认知能力的研究取得了较丰富的成果。由于音乐训练是一种需要长期进行, 并且需要多种高级认知成分参与的训练过程, 所以音乐训练能够促进个体广泛认知能力的发展, 包括语言能力、数学能力、空间能力等(Schellenberg, 2010)。其中空间能力是指人们产生、保持、提取和转换视觉表象的能力, 由空间定位能力和空间视觉化能力组成(McGee, 1979)。

Shepard 和 Metzler (1971)提出心理旋转的概念, 心理旋转是指人在头脑中将自己或某个视觉刺激物的表象作平面或立体转动的心理运作过程, 是衡量空间认知的重要指标。心理旋转任务常使用字母作为刺激材料(Cooper & Shepard, 1973; Shepard & Metzler, 1971), 例如, Cooper 和 Shepard (1973)以旋转不同角度的 6 个正向和 6 个镜像的字母 R 为实验材料, 在实验中随机呈现这 12 个字母中的一个, 要求被试判断其是正向还是镜像, 研究结果表明, 旋转的角度越大, 被试判断所用的时间就越长。

日常生活中, 人类常常需要对整体和局部信息进行分析, 这对物体知觉十分重要。Navon (1977)最先采用复合刺激(即由小字母组成的大字母)发现人们在视知觉任务中存在明显的整体优先效应, 即物体的整体信息优先于其他局部信息被加工。自此复合刺激成为人们研究视知觉整体/局部加工优势的常用材料。邱香等(2009)在前人单字母心理旋转研究的基础上, 使用 Navon 复合字母材料和心理旋转任务, 首次发现心理旋转中存在整体优先效应。大字母旋转条件下的反应时显著短于小字母旋转条件下的反应时。字母旋转 180 度时, 大字母旋转的正确率显著高于小字母。

关于音乐训练与心理旋转关系的研究相对较少。Sluming 等人(2007)对 10 位男性管弦乐队成员及 10 位相匹配的普通被试, 采用三维图形心理旋转任务进行了行为及 fMRI 的测查, 结果表明, 随着图案旋转角度的增加(0°、45°、90°、135°、180°), 音乐组的反应时无显著变化, 而对照组被试的反应时逐渐增加。音乐组在 3 维图形旋转任务中的正确率也高于对照组。Sluming 等人认为, 音乐家具有较好的乐谱视奏能力, 而乐谱视奏与空间加工涉及共同的大脑区域, 如布洛卡区的左额下回, 长期的五线谱阅读训练

可能使音乐训练者的局部加工能力得到了提升。**Pietsch 和 Jansen (2012)**在对音乐专业及教育专业被试的研究中也发现,音乐专业学生在三维图形心理旋转加工任务中的正确率高于教育专业的学生。在音乐训练过程中,音符在空间中以一定规则进行排列,面对五线谱中排列复杂的音符,音乐训练者往往倾向于把好几个音符作为一个组块或一个整体进行加工,因此长期的音乐训练能够提高训练者的空间加工能力。另外,经过音乐训练的人对视觉和听觉刺激的局部加工能力都优于普通人(**Quimet, Foster, & Hyde, 2012; Stoesz et al., 2007**)。虽然以往研究发现音乐训练缩短了心理旋转的反应时(**Sluming et al., 2007**),提高了正确率(**Pietsch & Jansen, 2012**),但所用的实验材料都是简单图形,尚未有研究者探讨音乐训练对复杂刺激心理旋转绩效(performance)的影响。因此,本研究将采用**邱香等人(2009)**的心理旋转范式探讨音乐专业被试与普通被试在复合字母心理旋转任务中的表现是否存在差异。由于音乐训练年限与音乐训练强度是音乐训练中的重要因素,音乐训练起始年龄越早、音乐训练强度越强,大脑结构越容易发生改变(**Gaser & Schlaug, 2003; Ohnishi et al., 2001**),所以我们选取了辽宁师范大学音乐学院表演专业具有 10 年及以上音乐训练经历的被试作为音乐训练组。另外,研究认为男性在心理旋转方面较女性更具优势(**Jansen-Osmann & Heil, 2007; Vandenberg & Kuse, 1978; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995**)。而 **Pietsch 和 Jansen (2012)**在对音乐组及控制组被试在心理旋转加工任务的研究中发现,音乐专业学生不存在性别差异。所以,心理旋转任务是否存在性别差异,还存在争议。为了减少无关变量,本研究只选取了女性被试。

2. 方法

2.1. 被试

招募辽宁师范大学音乐学院女本科生 17 人($M_{age} = 19.11$, $SD_{age} = 1.84$),均具有 10 年及以上专业音乐学习经历,具有丰富的五线谱识谱经验。招募辽宁师范大学其他专业女本科生 15 人($M_{age} = 19.87$, $SD_{age} = 0.96$),均无任何音乐学习经历,且不能够识别五线谱,作为对照组。所有被试视力或矫正视力正常,无弱视、斜视等视力问题,均为右利手。以前未参加过类似实验,实验结束后获得一定报酬。分别在音乐训练组和非音乐组组中,剔除在大字母或小字母旋转任务中的正确率在平均正确率三个标准差外的被试。1 名音乐训练被试和 1 名非音乐组被试数据被剔除。

2.2. 实验设计

采用 4 (旋转角度: 0° , 60° , 120° , 180°) $\times$ 2 (旋转类型: 大字母旋转, 小字母旋转) $\times$ 2 (组别: 音乐训练组, 非音乐训练组) 的三因素混合设计,被试内变量是旋转角度和旋转类型,被试间变量是组别。因变量为被试的反应时和正确率。

2.3. 实验材料

实验材料来自**邱香等人(2009)**,由排成 6×9 阵列的小字母组成大字母,每种复合刺激中大小字母的组合都有四种情况:大小字母都是正像,只有大字母是正像,只有小字母是正像,以及大小字母都不是正像。在大小字母一致的条件下,大小字母同为正向或镜像;在不一致条件下,大字母正像小字母镜像,或大字母镜像小字母正像(见图 1)。注视点“+”和所有的刺激都呈现在屏幕中央。大字母的视角是 $3.67^\circ \times 5.67^\circ$,小字母的视角是 $0.43^\circ \times 0.54^\circ$,注视点的视角 $0.29^\circ \times 0.29^\circ$,被试眼睛距离屏幕 57 cm。

2.4. 程序

实验程序采用 E-prime 2.0 软件编制和呈现,在联想台式电脑(显示器为 19 英寸、分辨率 1440×900 、刷新率 60 Hz)上进行实验。使用**邱香等人(2009)**的实验程序,每个被试单独测试,在指导语部分向被试介

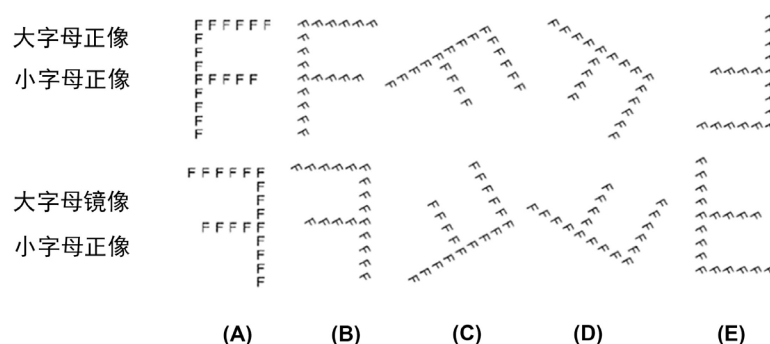


Figure 1. Examples of stimuli. A, C: rotation angle of global letter and local letter is same. B, D, E: rotation angle of global letter and local letter is different.

图 1. 实验材料示例。A, C: 是大字母、小字母旋转一致条件。B, D, E: 大字母、小字母旋转不一致条件

绍复合字母并告诉被试如何区分旋转了一定角度的字母正像或镜像，确保被试能正确区分正镜像。正式实验的指导语为：“你的任务是判断复合字母中的大/小字母是否正像，而不用管该正像字母是否旋转过，也不用管复合字母中的大/小字母是什么”。如果大/小字母是正像，请按“1”键，否则按“2”键。要求被试尽可能准确、迅速的按键反应。每一试次开始时，会出现一个声音提示被试，然后屏幕中心出现注视点“+”，当被试按下空格键后，空屏 50 ms，随后靶刺激出现在屏幕中央，直至被试做出反应才会消失。被试的任务是判断复合字母中的大字母或小字母是正像还是镜像。每个被试要完成两种旋转类型的判断任务——旋转大字母判断任务和旋转小字母判断任务。两个任务的顺序在被试间平衡。每种旋转任务下有 16 个练习试次和 256 个实验试次，在练习实验中用的字母是 L 和 J，在正式试验中用的字母是 F 和 R。两种任务共有 544 个试次。两种任务中间有 1 分钟的休息时间。实验结束后被试还需填写一份问卷调查，检查其是否按照指导语要求完成实验。

3. 结果

音乐训练组：大字母旋转条件下的反应时和正确率相关系数 $r = -0.22, p = 0.414$ ；小字母旋转条件下的反应时与正确率相关系数 $r = 0.05, p = 0.867$ ，表明大字母旋转和小字母旋转条件下都没有出现准确率——速度权衡现象。剔除错误反应的反应时以及平均反应时三个标准差之外的数据(占全体数据的 12.4%)。

非音乐训练组：大字母旋转条件下的反应时和正确率相关系数 $r = -0.28, p = 0.327$ ；小字母旋转条件下的反应时与正确率相关系数 $r = -0.14, p = 0.637$ ，说明大字母旋转和小字母旋转条件下都没有出现准确率——速度权衡现象。剔除错误反应的反应时以及平均反应时三个标准差之外的数据(占全体数据的 10.3%)。

3.1. 反应时分析

对反应时进行 4 (旋转角度: $0^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 180^\circ$) $\times$ 2 (旋转类型: 大字母旋转, 小字母旋转) $\times$ 2 (组别: 音乐训练组, 非音乐训练组) 的方差分析, 对所有需校正的数据均进行了 Greenhouse-Geisser 校正。结果发现, 旋转角度主效应显著, $F(1.519, 42.537) = 93.21, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.77$ 。多重比较(Bonferroni 校正)表明, 随着旋转角度增大, 反应时逐渐延长。字母旋转 180° 反应时显著长于 $120^\circ, 60^\circ, 0^\circ$ 条件下的反应时 ($ps < 0.001$), 字母旋转 120° 反应时显著长于 $60^\circ, 0^\circ$ 的反应时 ($ps < 0.001$), 字母旋转 60° 的反应时显著长于 0° 的反应时 ($p = 0.015$)。其他变量主效应和交互作用均不显著, $F_s < 1.65, ps > 0.21$ 。两组被试在不同条件下的平均反应时见表 1。

Table 1. Means and standard deviations of reaction times (ms) in each condition for two groups of participants
表 1. 两组被试在不同条件下的反应时均值(ms)和标准差

组别	旋转角度	大字母旋转	小字母旋转
音乐训练组	0°	779.22 (243.05)	766.24 (128.92)
	60°	804.57 (248.08)	805.55 (135.41)
	120°	847.67 (239.89)	898.59 (134.51)
	180°	1096.99 (345.44)	1123.40 (283.07)
非音乐训练组	0°	823.38 (207.32)	830.77 (158.24)
	60°	866.75 (244.48)	866.51 (164.00)
	120°	966.10 (281.65)	1021.32 (221.92)
	180°	1225.82 (385.62)	1209.82 (208.59)

3.2. 正确率分析

对正确率进行 4 (旋转角度: 0°, 60°, 120°, 180°) × 2 (旋转类型: 大字母旋转, 小字母旋转) × 2 (组别: 音乐训练组, 非音乐组) 的方差分析, 对所有需校正的数据均进行了 Greenhouse-Geisser 校正。结果发现, 旋转角度主效应显著, $F(1.134, 31.754) = 28.81, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.51$ 。旋转角度和旋转类型的交互作用边缘显著, $F(1.283, 35.93) = 3.62, p = 0.055, \eta_p^2 = 0.12$ 。简单效应分析表明, 大字母旋转条件下, 旋转角度主效应显著, $F(3, 87) = 15.72, p < 0.001$, 字母旋转 180° 的正确率显著低于 120°, 60°, 0° 条件 ($ps < 0.01$)。小字母旋转条件下, 旋转角度主效应也显著, $F(3, 87) = 26.89, p < 0.001$ 。字母旋转 180° 的正确率显著低于 120°, 60°, 0° 条件 ($ps < 0.001$), 字母旋转 120° 的正确率显著低于 60° ($p = 0.021$)。表明随着旋转角度增大, 小字母旋转任务在 120° 时正确率明显下降, 而大字母旋转任务在 180° 时正确率才会下降。旋转类型和组别交互作用显著, $F(1, 28) = 4.53, p = 0.042, \eta_p^2 = 0.14$ 。简单效应分析表明, 音乐训练组的大字母旋转和小字母旋转任务的正确率差异不显著, $F(1, 15) = 1.31, p = 0.27$ 。对照组的大字母旋转任务的正确率显著高于小字母旋转任务, $F(1, 13) = 5.31, p = 0.038$ 。表明对照组的正确率存在整体优先性, 而音乐组不存在, 可能是音乐训练促进了对局部信息的加工。其他主效应和交互作用均不显著, $Fs < 1.43, ps > 0.24$ 。两组被试在不同条件下的正确率见表 2。

Table 2. Means and standard deviations of accuracy (%) in each condition for two groups of participants
表 2. 两组被试在不同条件下的平均正确率(%)和标准差

组别	旋转角度	大字母旋转	小字母旋转
音乐训练组	0°	92.99 (15.02)	96.29 (5.56)
	60°	91.50 (15.78)	96.19 (5.10)
	120°	89.65 (15.48)	92.29 (9.59)
	180°	80.57 (18.11)	79.39 (19.25)
非音乐训练组	0°	96.32 (4.53)	96.32 (2.91)
	60°	98.66 (1.72)	98.33 (3.03)
	120°	97.66 (2.65)	93.53 (7.12)
	180°	81.14 (21.56)	72.32 (24.21)

4. 讨论

本研究探讨了音乐专业学生与普通专业学生在 Navon 复合字母心理旋转任务的绩效是否存在差异。与前人研究(Shepard & Metzler, 1971; 邱香等, 2009)一致, 无论是音乐专业学生还是普通专业学生, 在心理旋转任务中, 随着旋转角度的增加, 反应时都逐渐延长, 两组的整体反应时和正确率的差异均不显著。在 180 度条件下, 普通专业学生与音乐专业学生在两类任务(大字母旋转与小字母旋转)的正确率上均显著低于其他角度。邱香等(2009)发现旋转角度是 180 度时, 大字母旋转的正确率高于小字母旋转的正确率。本研究发现非音乐专业学生在字母旋转任务中的正确率显著高于小字母旋转任务, 体现了整体优先效应, 而音乐专业大学生完成两类任务的正确率差异不显著, 整体优先效应减弱。

音乐专业学生在两种旋转任务中的表现没有差异, 表明音乐训练削弱了心理旋转的整体优先效应。人在演奏乐器时, 需要非常快速的阅读五线谱上的音符, 并且找到其在乐器上对应的位置。而五线谱蕴含着丰富的空间信息, 五线谱上音符的高低与空间存在对应的关系(Rusconi et al., 2006)。在五线谱阅读时, 演奏者需要快速的判断音符符头在五线谱上的位置。不仅需要对其音高位置进行快速识别, 还需要对调号、调式、节拍、临时升降号、表情符号等进行快速识别。本实验的音乐组被试均具有 10 年以上的乐器演奏经验和五线谱识谱经验。长期的音乐训练在提高演奏者音乐能力的同时, 也对演奏者的局部加工能力进行了训练。例如, Stoesz 等(2007)发现, 经过音乐训练的被试在复制不可能图形时的正确率高于没有经过音乐训练的被试, 表明音乐训练提高了局部加工能力。有研究者认为心理旋转可以通过一系列训练到达反应时的降低及正确率的提高(Bethell-Fox & Shepard, 1988), 音乐训练可能会对被试的空间认知能力起到促进的作用。与以上研究类似, 本研究发现在心理旋转任务中, 音乐训练削弱了整体优先性, 可能因为音乐训练可以促进局部加工。

在三维图形的心理旋转任务中, 音乐专业的正确率高于对照组(Pietsch & Jansen, 2012; Sluming et al., 2007)。而本研究中音乐组被试的整体正确率和反应时与普通组被试均没有显著的差异。可能有如下三个原因。首先, 实验范式的不同导致了不同的结果。如 Hetland (2000)对 15 篇相关研究的元分析发现, 当实验范式为实物组合时, 音乐教学能够促进被试在空间任务上的得分, 而当实验范式为瑞文标准推理测验时, 音乐训练组与对照组被试在空间任务上的得分无显著差异。另外, Sluming 等(2007)也发现, 在二维图形匹配任务中, 音乐家和普通人的正确率没有差异, 只在三维图形心理旋转任务中才有差异。本研究首次使用的复合字母是二维图形, 任务难度的不同及任务范式的差异可能会使实验结果不同。其次, 有研究者在对音乐训练相关的近、远迁移的研究中发现, 音乐训练的效应与参与音乐训练的强度及持续训练的时间有关(White et al., 2013)。本研究的被试虽然经过 10 年的音乐训练, 但促进作用的强度可能不足以使音乐训练者在复合字母心理旋转任务中的整体表现优于普通人。

本研究有如下局限性。首先, 本研究只考察了女性被试。但是心理旋转任务的绩效可能存在性别差异。如一些研究发现男性在心理旋转任务中的表现明显好于女性(Jansen-Osmann & Heil, 2007; Vandenberg & Kuse, 1978; Voyer, Voyer, & Bryden, 1995)。而 Pietsch 和 Jansen (2012)发现, 音乐专业学生不存在性别差异, 对照组的男性心理旋转绩效优于女性。未来研究有必要对比男性音乐家在复合刺激心理旋转任务的绩效与对照组男性的差异。

5. 结论

音乐训练提高了局部加工能力, 削弱了复合字母心理旋转任务中的整体优先效应。

基金项目

本研究得到国家自然科学基金项目(31400869)和辽宁省教育厅项目(L201683685)资助。

参考文献

- 邱香, 傅小兰, 隋丹妮, 李健, 唐一源(2009). 复合字母刺激心理旋转加工中的整体优先效应. *心理学报*, 41(1), 1-9.
- Bethell-Fox, C. E., & Shepard, R. N. (1988). Mental Rotation: Effects of Stimulus Complexity and Familiarity. *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance*, 14, 12-23. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.14.1.12>
- Bodner, M., Muftuler, L. T., Nalcioglu, O. et al. (2013). fMRI Study Relevant to the Mozart Effect: Brain Areas Involved in Spatial-Temporal Reasoning. *Neurological Research*, 23, 683-690. <https://doi.org/10.1179/016164101101199108>
- Cooper, L. A., & Shepard, R. N. (1973). Chronometric Studies of the Rotation of Mental Images. In W. G. Chase (Ed.), *Visual Information Processing* (pp. 75-176). New York: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-170150-5.50009-3>
- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *The Journal of Neuroscience*, 23, 9240-9245. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003>
- Hetland, L. (2000). Learning to Make Music Enhances Spatial Reasoning. *Journal of Aesthetic Education*, 34, 179-238. <https://doi.org/10.2307/3333643>
- Jansen-Osmann, P., & Heil, M. (2007). Suitable Stimuli to Obtain (No) Gender Differences in the Speed of Cognitive Processes Involved in Mental Rotation. *Brain & Cognition*, 64, 217-227. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.03.002>
- McGee, M. G. (1979). Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal, and Neurological Influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- Navon, D. (1977). Forest before Trees: The Precedence of Global Features in Visual Perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(77\)90012-3](https://doi.org/10.1016/0010-0285(77)90012-3)
- Ohnishi, T., Matsuda, H., Asada, T. et al. (2001). Functional Anatomy of Musical Perception in Musicians. *Cerebral Cortex*, 11, 754-760. <https://doi.org/10.1093/cercor/11.8.754>
- Quimet, T., Foster, N. E., & Hyde, K. L. (2012). Auditory Global-Local Processing: Effects of Attention and Musical Experience. *Journal of the Acoustical Society of America*, 132, 2536-2544. <https://doi.org/10.1121/1.4747009>
- Pietsch, S., & Jansen, P. (2012). Different Mental Rotation Performance in Students of Music, Sport and Education. *Learning & Individual Differences*, 22, 159-163. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.11.012>
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., & Ky, C. N. (1993). Music and Spatial Task Performance. *Nature*, 365, 611. <https://doi.org/10.1038/365611a0>
- Rusconi, E., Kwan, B., Giordano, B. L. et al. (2006). Spatial Representation of Pitch Height: The SMARC Effect. *Cognition*, 99, 113-129. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2005.01.004>
- Schellenberg, E. G. (2010). Music and Cognitive Abilities. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 317-320. <https://doi.org/10.1111/j.0963-7214.2005.00389.x>
- Shepard, R. N., & Metzler, J. (1971). Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Readings in Cognitive Science*, 171, 701-703. <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>
- Sluming, V., Brooks, J., Howard, M. et al. (2007). Broca's Area Supports Enhanced Visuospatial Cognition in Orchestral Musicians. *Journal of Neuroscience the Official Journal of the Society for Neuroscience*, 27, 3799-3806. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.0147-07.2007>
- Stoesz, B. M., Jakobson, L. S., Kilgour, A. R. et al. (2007). Local Processing Advantage in Musicians: Evidence from Disembedding and Constructional Tasks. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 25, 153-165. <https://doi.org/10.1525/mp.2007.25.2.153>
- Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization. *Perceptual & Motor Skills*, 47, 599-604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of Sex Differences in Spatial Abilities: A Meta-Analysis and Consideration of Critical Variables. *Psychological Bulletin*, 117, 250-270. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>
- White, E. J., Hutka, S. A., Williams, L. J. et al. (2013). Learning, Neural Plasticity and Sensitive Periods: Implications for Language Acquisition, Music Training and Transfer across the Lifespan. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 7, 90. <https://doi.org/10.3389/fnsys.2013.00090>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2160-7273, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ap@hanspub.org