

# 创造性思维的具身培养

## ——手势对空间顿悟问题解决的影响

易仲怡

广东理工职业学院, 广东 中山

收稿日期: 2022年11月8日; 录用日期: 2022年12月5日; 发布日期: 2022年12月14日

### 摘要

本研究通过三个实验考察了手势对空间顿悟问题解决的影响。实验1从空间维度转换的视角出发, 探讨角度模拟手势对六根火柴问题解决的影响; 实验2从空间方位移动的视角出发, 考察V形节拍手势对肿瘤-镭射问题解决的影响; 实验3从空间布局的视角出发, 探索手影模拟手势对17只动物问题解决的影响。研究结果表明, 手势在空间顿悟问题的解决过程中同时起着工具性与功能性作用; 与问题解决一致的手势参与了顿悟的“特殊处理”过程, 提升了空间顿悟问题的解决水平。将来, 在顿悟能力培养的过程中应更加重视身体运动及身体训练的作用。

### 关键词

手势, 空间顿悟问题, 具身认知, 工具性作用, 功能性作用

# The Embodied Cultivation of Creative Thinking

## —The Influence of Gestures on the Solution of Spatial Insight Problems

Zhongyi Yi

Guangdong Polytechnic Institute, Zhongshan Guangdong

Received: Nov. 8<sup>th</sup>, 2022; accepted: Dec. 5<sup>th</sup>, 2022; published: Dec. 14<sup>th</sup>, 2022

### Abstract

This study aims to explore the effect of gestures on the solution of spatial insight problems. Expe-

periment 1 investigates whether the gesture simulation of different angles can solve the six matches problem according to the spatial characteristics of gestures. Experiment 2 explores whether the beat gesture of playing the “V” or inverted “V” with music can promote the resolution of the tumor-laser problem according to the directionality of gestures. Experiment 3 makes use of the description and simulation function of gestures to investigate whether the simulated gesture of the opponent image can solve the 17 animals problem. The results show that the gestures play an instrumental and functional role in the process of solving the spatial insight problems. The gestures consistent with problem solving improve the solution level of spatial insight problems that are involved in the “Special Process”. In the future, more attention should be paid to physical movement and physical training in the cultivation of Creative Thinking.

## Keywords

Gesture, Spatial Insight Problem, Embodied Cognition, Instrumental Role, Functional Role

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

关于顿悟问题的解决过程曾有两种对立的理论：① 特殊加工说(Special Process)。认为解决顿悟问题与常规问题的过程不同，顿悟是个体对事物根本、直接而又深刻的理解(MacGregor, Ormerod, & Chronicle, 2001)；是放弃旧的、无效的问题解决思路，打破心理定势并形成新异联系的认知加工过程(罗劲, 2004)。② 常规处理说(Business-as-usual)。认为顿悟问题与常规问题的解决并无本质的不同，两者都征用了诸如爬山法、手段-目的分析法等共同的策略(尤其是分析性思维)来获得问题的解决方案(Fleck & Weisberg, 2004; Weisberg, 2006, chap. 6)。两种理论关于顿悟能力培养的观点也相互对立：“特殊加工说”认为顿悟能力主要依赖于问题解决者的天赋特质(即所谓的“悟性”)，或偶然的环境刺激(如“牛顿被掉下来的苹果砸中而发现万有引力规律”)，顿悟的过程类似宗教的“开悟”，难以在日常教学中培训与传播；“常规处理说”认为顿悟能力能够通过学习与训练加以提升，其过程与其他常规问题的解决过程相同，均发生在外显的、意识的层面，可以计划、监控并用言语报告(Ormerod et al., 2002)。

“特殊加工说”强调顿悟过程的直觉性、内隐性与跳跃性；“常规处理说”强调顿悟的分析性、外显性及与其他问题解决过程的一致性。两种观点都有一定的正确性，应有多种方法来促进顿悟的发生(Bowden, Jung-Beeman, Fleck, & Kounios, 2005)；经典的“僵局-重组-顿悟”模式只是在少数情况下会出现，大部分顿悟问题的解决与知识的直接应用、多种启发式策略以及失败经验的反思密切相关(Fleck, Beeman, & Kounios, 2013; Fleck & Weisberg, 2013)。因此，要完整理解顿悟，就应该把这两种观点整合起来(Jones, 2003; Weisberg, 2015)。但是，两种理论整合起来就真的能完整解释顿悟现象的发生吗？那些看似神秘的、“特殊加工”的顿悟能力，能否像“常规处理”的认知过程那样适于训练？新近兴起的具身认知理论，为跳出两者对立的框架与维度，从另一视角为两种理论的整合、训练顿悟能力提供了可供选择的方案。

具身认知理论强调身体(包括生理结构、活动方式、感觉运动经验等)对认知的塑造与影响(Anderson, 2003; Gibbs, 2006)。顿悟问题解决作为认知加工一种方式，同样受到身体的影响。有研究认为，身体在问题解决过程中主要会发生以下两类作用(Spiridonov et al., 2019)：① 工具性作用。身体运动只是执行认

知决策的工具或解决问题的一个环节,它能辅助问题的解决,但不影响解决方案的性质。无论是顿悟问题(如六硬币问题, Chronicle et al., 2004; 八硬币问题, Ormerod, MacGregor, & Chronicle, 2002; 六根火柴问题, Scheerer, 1963), 还是诸如汉诺塔问题等非顿悟问题(Anzai & Simon, 1979), 都是通过身体执行头脑中已有的方案来成功地解决问题。解决问题之前的身体运动经验(Weisberg & Alba, 1981; Kershaw & Ohlsson, 2004), 或解决问题过程中伴随的身体运动(Thomas & Lleras, 2007), 都可能加速或延缓顿悟问题的解决。②功能性作用。身体运动直接参与解决问题的过程,为所寻求的解决方案奠定了重要基础(Grant & Spivey, 2003; Thomas & Lleras, 2009a, 2009b)。“与问题解决一致的身体运动”(problem-congruent movements)会内隐地提升主体对问题的解决水平(Werner, Raab, & Fischer, 2018)。比如,在完成水罐分水任务时,不同的眼睛追随运动会诱导被试在解决问题时出现左右不同的空间偏好(Werner et al., 2018);在解决双绳顿悟问题时,手臂前后摆动组的被试会倾向于使用钟摆方式完成任务,上下椅子组的被试会倾向于选择攀到高处完成任务(Werner & Raab, 2013)。

因此,在具身认知看来,顿悟问题的解决绝不只是发生在“脖颈之上”的“离身认知”过程,身体在问题解决过程中同时产生着工具性与功能性的作用。其中,身体的“工具性作用”本质上是认知操作的物理延伸,它主要在顿悟的“常规处理”过程中发生作用,通过身体运动来表达或执行认知过程,以缩短问题初始状态与目标状态之间的距离;身体的“功能性作用”本质上是内隐的、难以言传的,它是个体面临“僵局”时,受到身体动作的诱导,无意识地改变对问题的理解,创造性地重组问题的表征方式,进而促进顿悟“特殊加工”过程的发生。因此,在“特殊加工”与“常规处理”关系的理解方面,具身认知理论给出了身体“一体两用”的整合方案:虽然顿悟问题的解决最终仍是一个“常规处理”与“特殊加工”相结合的认知过程,但身体在其中确实起着重要作用。当身体发挥工具性作用时,它协助个体“常规处理”问题;当身体发挥功能性作用时,身体在主体意识不到的情况推进“特殊加工”,促使个体打破“僵局”(Wang, Lu, Runco, & Hao, 2018),并最终产生顿悟。

早年已有零星的研究证实身体运动对顿悟问题的解决产生影响(如: Chronicle et al., 2004; Ormerod, MacGregor, & Chronicle, 2002; Scheerer, 1963),但它们在解释时更加重视身体的工具性作用,将身体动作视为表达与执行思维的工具,将顿悟过程视为“常规处理”的认知过程。近年开始有少量研究证实了身体的功能性作用(Werner & Raab, 2013; Werner et al., 2018),但它们在解释身体起作用的原因时,更多认为是身体运动“直通”、“直觉”地促进了问题解决,对身体起作用的认知机制避而不谈。因此,本研究试图设计一系列实验,验证“与问题解决一致的身体运动”能够促进顿悟的“特殊加工”过程,进而提升顿悟问题的解决水平,为顿悟能力的培养提供可能的途径。

但是,身体运动形式多样,顿悟问题种类繁多,本研究只选择探讨“手势”这一特殊的身体运动方式对“空间顿悟问题”的影响。主要基于以下考虑:①为什么选择手势?“手势是一个人的内在思想,映射相关的‘记忆、思想和心理意象’”(McNeill, 1992: p. 12)。已有少量研究证实手势对顿悟问题的解决产生影响。比如, Friedman 和 Förster (2002)通过实验证实,手臂弯曲的被试比手臂伸展的被试更可能采取探险性加工方式,更能有效地解决顿悟问题。Thomas 和 Lleras (2009a)发现,上下摆动手臂(与问题解决一致的运动)比左右伸展手臂更可能促进双绳问题的解决。刘宏宇(2016)发现,从左下向右上手势节拍(与问题解决一致的运动),能够促进九点四划问题的解决。②为什么选择空间顿悟问题?顿悟问题分为空间类、言语类、物体应用类等(Dominowski & Dallob, 1995)。其中,空间顿悟问题的解决需要更多的身体活动参与,一般需要个体将一个物体移动到另一空间、改变看待问题的物理视角或转换有关空间的假设类型(Cunningham, MacGregor, Gibb, & Haar, 2009)。概括来说,空间顿悟问题大致可分为空间维度转换(如从二维到三维)、空间方位(方向或移动)、空间布局(排序或嵌套)等三类。本研究针对以上三类问题,分别选择了三个经典的空间顿悟问题,采取三种与问题解决一致的手势来研究手势对顿悟问题解决的促

进作用：实验 1 从空间维度转换的视角出发，验证角度模拟手势能够提高“六根火柴顿悟问题”的解决水平；实验 2 从空间方位移动的视角出发，验证 V 形节拍手势能够提高“肿瘤 - 镭射问题”的解决水平；实验 3 从空间布局的视角出发，验证手影模拟手势能够提高“17 只动物问题”的解决水平。

## 2. 实验 1：角度模拟手势对六根火柴问题解决的影响

### 2.1. 实验目的和假设

实验目的：从空间维度转换的角度出发，验证角度模拟手势能够提高六根火柴顿悟问题的解决水平。实验假设：与拍手组相比，角度模拟手势组在六根火柴问题的解决过程中成功率更高，尝试次数更少。

### 2.2. 被试

84 名大学生，平均年龄为  $20.49 \pm 2.43$  岁，其中男生 41 名，女生 43 名。所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常(4.8 以上)，无色弱色盲，无影响实验的精神病史或生理疾病。

### 2.3. 实验材料

印有六根火柴问题的 A4 纸和笔。六根火柴问题要求用六根相同长度的火柴组成 4 个等边三角形，且每一根完整的火柴必须形成一个三角形的完整边(Katona, 1940; Murray & Byrne, 2013)。六根火柴问题解答的关键是：二维空间向三维立体空间的转变，即用火柴拼成一个正棱锥体。

### 2.4. 实验设计和程序

单因素被试间的实验设计，实验的自变量为手势启动方式，分为角度模拟手势组和拍手组；因变量为：1) 问题解决率；2) 尝试次数。

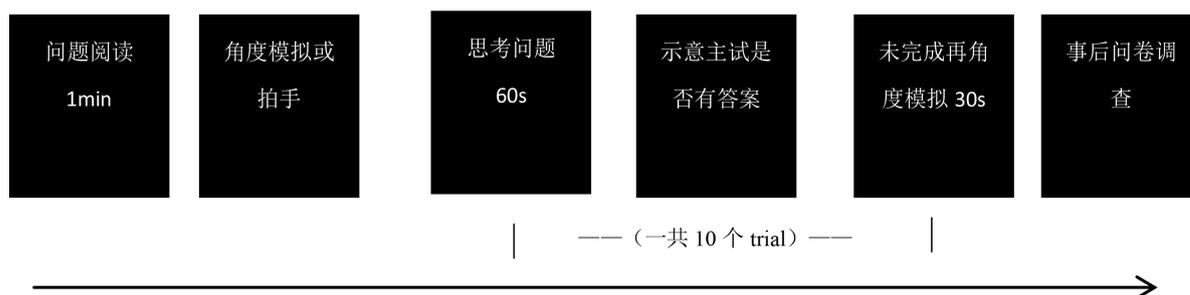


Figure 1. Process of experiment 1

图 1. 实验 1 流程图

实验 1 (流程见图 1)采用 E-prime2.0 软件进行编程，将刺激呈现在 14 英寸的电脑显示器上，要求被试端坐保持 60 cm 的视距，直至实验结束。实验开始前，主试告诉被试该实验为探究注意力分散对问题解决能力的影响，以掩盖实验的真实目的。正式实验分为以下两个阶段：1) 游戏阶段。在屏幕中央呈现六根火柴问题 60 s，被试阅读完成后，要求手势模拟组根据屏幕中呈现的角的大小进行模拟(选取 10 个不同大小的角：10°、30°、40°、70°、80°、90°、100°、120°、160°、180°)，拍手组则根据呈现的数字(1~10 以内的数字)进行拍手，拍手次数与呈现的数字一致。每个刺激呈现 1 s，反应时间为 5 s，共 1 min。2) 问题解决阶段。再次呈现六根火柴问题 60 s，提供印有六根火柴问题的 A4 纸和笔，要求被试进行第一次问题解决的尝试。60 s 后系统进入角度模拟阶段或拍手训练阶段，该阶段中每 6 s 呈现一个刺激共 5 个，时间为 30 s。实验过程中，若被试感觉自己知道问题答案可示意主试进行验证，如果回答正确则实验结束；

如果回答错误，被试将继续进行实验直至实验时间结束。实验结束后，要求实验组的被试完成一个简短的事后问卷(问卷目的及内容详见后文)。

## 2.5. 实验结果

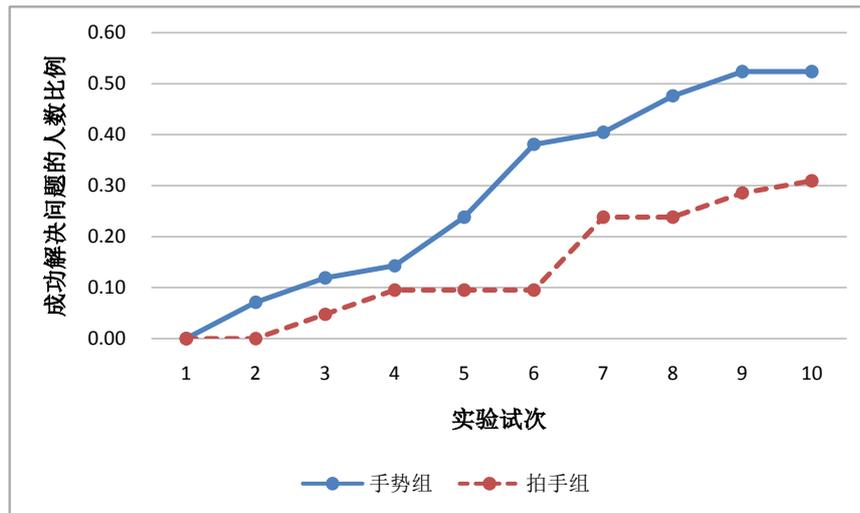
### 2.5.1. 手势组和拍手组被试问题解决率的结果分析

**Table 1.** Comparison of problem solving under different experimental control conditions  
**表 1.** 不同实验控制条件下问题解决的情况对比

组别	被试人数	成功解决人数	成功解决率	尝试次数
手势组	42	22	52.38%	5.5 ± 2.60
拍手组	42	13	30.95%	6.46 ± 2.21

84 名被试参与了本次实验，手势组和拍手组被试均为 42 人，但并非所有被试都成功地解决了问题，被试具体的完成情况如表 1 所示。本研究采用了统计分析软件 SPSS20.0 进行数据处理，对手势组和拍手组被试的成功解决率进行卡方检验，结果显示不同实验条件下被试问题解决的成功率差异显著： $\chi^2 = 3.97$ ， $p = 0.046$ ， $\phi = 0.217$ ，处于小效应与中等效应水平之间，这表明手势组问题解决的成功率(52.38%)与拍手组问题解决成功率(30.95%)之间的差异性不太大。

### 2.5.2. 手势组和拍手组被试问题尝试次数的结果分析



**Figure 2.** Proportion curve of the number of people who successfully solved problems at different trial stages

**图 2.** 不同试次阶段被试成功解决问题的人数比例曲线图

不同实验条件下被试在不同试次中成功解决问题的人数比例如图 2 所示。对两组被试在 10 个试次阶段解答问题的人数比例进行对数秩检验(log-rank test) (Thomas & Lleras, 2009b)，结果发现手势组与拍手组之间差异显著， $\chi^2(1) = 5.37$ ， $p = 0.020 < 0.05$ ， $\phi^2 = 0.252$ ，处于中等效应水平。这表明在不同实验控制条件下，两组被试在解决六根火柴问题上的总体尝试次数分布存在显著差异。

### 2.5.3. 事后问卷分析

实验中所有被试均进行了事后问卷调查，该问卷一共有四道题目，题目分别是：1) 成功解决问题后

的惊讶程度(五级评分, 1 代表一点都不惊讶, 5 代表非常惊讶); 2) 问题的难度(五级评分, 1 代表非常容易, 5 代表非常难); 3) 实验条件的要求(手势动作或实验指导语)与问题解答之间有无联系? (A、无关联, B、提示线索, C、干扰思考), 如果有, 是什么样的联系? ; 4) 游戏阶段的任务难度(五级评分, 1 代表非常容易, 5 代表非常难)。其中成功解决问题的被试完成四道题目, 未成功解答的被试完成后三道题目。事后问卷调查发现, 成功解决问题的被试的惊讶程度评分为  $M \pm SD = 3.74 \pm 0.60$ , 偏向于比较惊讶。所有被试对问题难度评分为  $M \pm SD = 3.33 \pm 0.85$ , 即问题的难度处于中等难度水平。其次, 手势模拟组被试中仅有 1 人意识到手势与问题解答之间存在线索提示的作用, 其他的被试更多地认为手势与问题解答之间并没有任何关联甚至起干扰作用。最后, 对两组被试在游戏阶段任务难度上的评分进行独立样本  $t$  检验, 结果发现拍手训练和角度手势模拟之间的难度评分没有显著差异,  $t(82) = 1.338, p = 0.185 > 0.05$ , 这表明在不同实验条件下被试所占用的认知资源相当, 排除了被试在角度模拟过程中认知资源占用这一变量的影响。

## 2.6. 讨论

实验 1 的结果表明, 在成功解决率上, 手势模拟组与拍手组差异显著, 手势模拟组被试成功解决率更高。在达到成功的尝试次数上, 手势模拟组显著少于拍手组被试。可见, 手势模拟组被试在解决六根火柴顿悟问题上的表现更好, 手势的模拟运动有助于提高他们在解决空间顿悟问题上的成绩。对事后问卷中手势诱导提示的意识度进行分析, 结果显示绝大部分被试并没有意识到角度手势模拟任务对问题解决的线索提示。这表明, 我们的身体运动经验在问题解决过程中有着不可或缺的地位。正如 Anderson (2003) 所提出的, 心智具身的核心原因是我们的感觉和运动系统在概念形成和理性推理中扮演了一种基础性的角色。角度模拟运动与空间转换的认知活动之间的关系是无意识的、内隐的, 角度模拟手势对问题解决确实产生了功能性作用, 促进了顿悟“特殊加工”过程的发生。

## 3. 实验 2: V 形节拍手势对肿瘤 - 镭射问题解决的影响

### 3.1. 实验目的和假设

实验目的: 从空间方位移动的角度出发, 验证 V 形节拍手势能够提高“肿瘤 - 镭射问题”的解决水平。实验假设: 与拍手组相比, V 形节拍手势组在肿瘤 - 镭射问题的解决过程中成功率更高, 尝试次数更少。

### 3.2. 被试

60 名大学生, 年龄为  $19.92 \pm 2.15$  岁。所有被试均为右利手, 视力或矫正视力正常(4.8 以上), 无色弱色盲, 无听力障碍, 无影响实验的精神病史或生理疾病。

### 3.3. 实验材料

#### 3.3.1. 肿瘤 - 镭射问题

印有肿瘤 - 镭射问题的 A4 纸和笔。问题描述为: 某人罹患胃癌需要采取激光放射的方法进行治疗, 但在治疗过程中, 过高强度的镭射激光会伤害途径的健康组织, 应怎样才能既不伤害人体又能杀死肿瘤细胞? 该问题解决的关键: 从皮肤外周不同方位放射出大量低强度射线, 使之在肿瘤中央汇聚成高强度的激光。

#### 3.3.2. 节拍和音乐

本研究中手势动作的设计分为两类, 见下图 3 (第一类节拍)和图 4 (第二类节拍), 被试需要按照图

3 和图 4 的指挥手势跟随音乐挥动右手手指来打击节拍，节拍为 4/4 拍。第一类与第二类节拍的区别是最终四个打击的节拍动作在空间上构成两个重叠的角开口不一样。



Figure 3. The first type of beat  
图 3. 第一类节拍示意图



Figure 4. The second type of beat  
图 4. 第二类节拍示意图

音乐采用的是歌曲《All Good Things》。该音乐的节拍为 4/4 拍，即是指 4 分音符为一拍，每小节 4 拍，可以有 4 个 4 分音符。考虑到音乐中的歌词可能会对被试造成干扰，只保留该歌曲的配乐部分。

### 3.4. 实验设计和程序

单因素被试间的实验设计，实验的自变量为手势启动方式，分为 V 形节拍手势组和拍手组两个水平；因变量为：1) 问题解决率；2) 尝试次数。

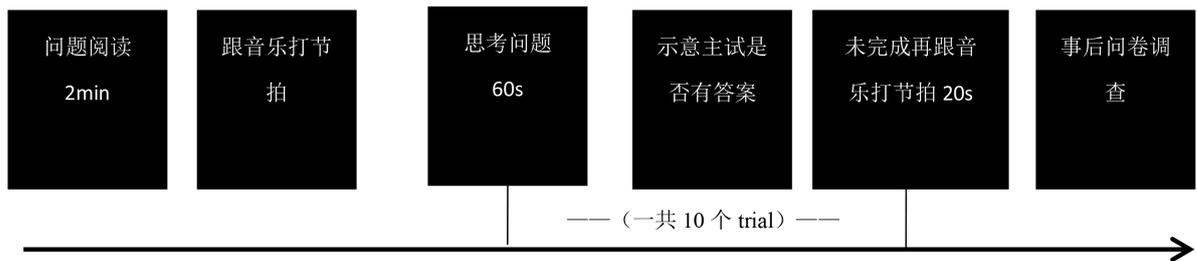


Figure 5. Process of experiment 2  
图 5. 实验 2 流程图

实验 2(流程见图 5)采用 E-prime2.0 软件进行编程，将刺激呈现在 14 英寸的电脑显示器上，要求被试端坐保持 60 cm 的视距，直至实验结束。实验开始前，主试告诉被试该实验为探究音乐对问题解决能力的影响，为了保证认真倾听音乐一定要完成相应的节拍，借此掩盖实验的真实目的。实验开始时，首先在屏幕中央呈现肿瘤—辐射问题 2 min，随后进入音乐欣赏阶段。音乐欣赏阶段中，被试需要先在电脑屏幕上观看呈现的第一类节拍示意图，然后主试会具体向被试示范如何打击节拍 2 分钟。当主试确认被试可以独立完成打击节拍这个任务后，由被试自行打击节拍 1 分钟，进入第二类节拍的学习和练习。节拍类型的学习顺序在被试间进行平衡。拍手组(控制组)被试的动作设计为跟随音乐节拍拍击双手(即有节奏的鼓掌)。练习阶段电脑屏幕为白色空屏，表演节拍结束后，被试会听到提示音告知。提示音结束后，进

入问题解决阶段。屏幕中央会再次呈现肿瘤 - 镭射问题，要求被试用提供的笔在印有问题的 A4 纸上进行第一次尝试。60 s 后系统进入音乐欣赏阶段，该阶段中手势组被试要求他们跟随音乐节奏随机打节拍 1 或节拍 2，拍手组被试要求他们跟随音乐节奏拍手，时间为 20 s。实验过程中，若被试感觉自己知道问题答案可示意主试进行验证，如果回答正确则实验结束；如果回答错误，被试将继续进行实验直至实验时间结束。实验结束后，要求实验组的被试完成与实验 1 相同的事后问卷。

### 3.5. 实验结果

#### 3.5.1. 手势组和拍手组被试问题解决率的结果分析

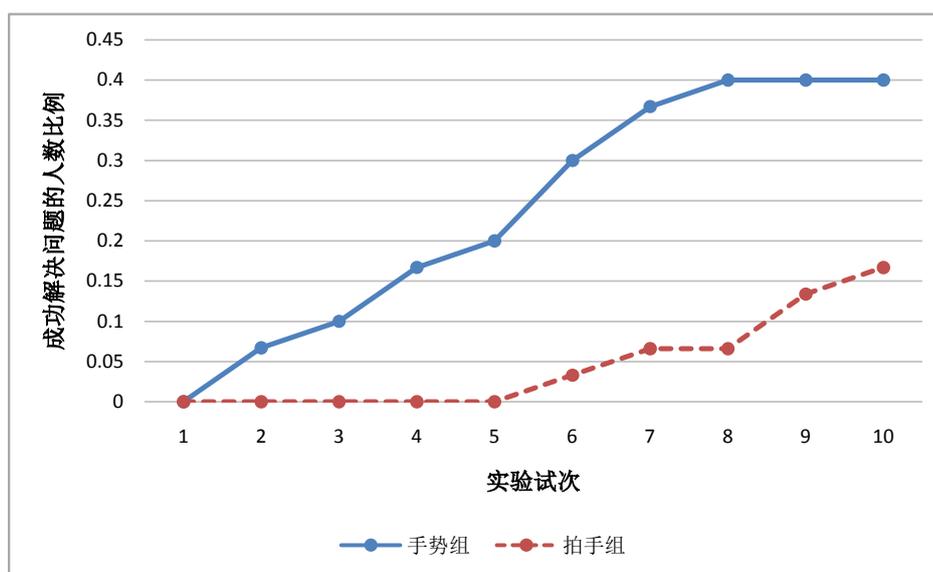
**Table 2.** Comparison of problem solving under different experimental control conditions

**表 2.** 不同实验控制条件下被试问题解决的情况对比

组别	被试人数	成功解决人数	成功解决率	尝试次数
手势组	30	12	40%	5.00 ± 1.91
拍手组	30	5	16.67%	8.20 ± 1.47

对节拍手势组和拍手组被试的成功解决率进行卡方检验，结果如表 2 所示，被试问题解决的成功率存在着显著差异： $\chi^2 = 4.022$ ， $p = 0.042 < 0.05$ ， $\phi = 0.259$ ，处于中等效应水平，这表明手势组被试问题的成功解决率(40.00%)显著高于拍手组被试问题的成功解决率(16.67%)。

#### 3.5.2. 手势组和拍手组被试问题尝试次数的结果分析



**Figure 6.** Proportion curve of the number of people who successfully solved problems at different trial stages

**图 6.** 不同试次阶段被试成功解决问题的人数比例曲线图

不同实验条件下被试在不同 trial 中成功解决问题的人数比例如图 6 所示。对两组被试 10 个试次阶段解答问题的人数比例进行对数秩检验，结果发现手势组与拍手组之间存在显著差异，

$\chi^2(1) = 4.947$ ， $p = 0.026 < 0.05$ ， $\phi = 0.287$ ，处于中等效应水平。这表明在不同实验控制条件下，两组被试在解决肿瘤 - 镭射问题上的总体尝试次数分布存在显著差异。

### 3.5.3. 事后问卷分析

事后问卷调查发现, 成功解决问题的被试的惊讶程度评分为  $M \pm SD = 3.88 \pm 0.69$ , 处于比较惊讶的水平。所有被试对问题难度评分为  $M \pm SD = 3.82 \pm 0.79$ , 即问题难度处于比较难的水平。其次, 手势组被试中仅有 1 人意识到手势与问题解答之间存在线索提示的作用, 其他的被试更多地认为手势与问题解答之间并没有任何关联甚至起干扰作用。最后, 对两组被试在游戏阶段任务难度上的评分进行独立样本  $t$  检验, 结果发现跟随音乐拍手和跟随音乐打指定节拍之间的难度评分没有显著差异,  $t(58) = 0.680$ ,  $p = 0.499$ , 表明在不同实验条件下被试所占用的认知资源相当, 排除了被试听音乐进行指定节拍任务中认知资源占用这一变量的影响。

### 3.6. 讨论

实验 2 的结果表明, 在问题解决成功率上, 手势组被试显著高于拍手组被试; 在尝试次数上, 手势组被试显著少于拍手组被试。由此可见, 相比拍手组被试, 手势组被试在解决肿瘤 - 镭射问题上的表现更好, 音乐指挥的手势运动有助于提高被试在解决空间顿悟问题上的成绩。对事后问卷中手势诱导提示的意识度进行分析, 结果显示绝大部分被试并没有意识到伴随音乐打手势的任务对问题解决的线索提示, 更多地认为是干扰作用或者是没有关联。这表明指向性的手势运动与空间认知活动之间的关联是悄无声息的、内隐的。除了眼睛的注视和追随行为有助于肿瘤 - 镭射顿悟问题的解决外(Thomas & Lleras, 2007; 2009b), 从本实验的结果来看, 指向性的手势动作对空间顿悟问题的解决产生工具性影响。Grant 和 Spivey (2003)指出, 带有指向性的手势, 指示了外部环境中的物体和方向, 使被试更容易把酝酿中的心理表征与外部世界的相关位置或空间信息进行关联和激活。嵌入环境中的身体动作减少了被试在编码过程中错误记忆和其他干扰信息的产生, 从而减轻了对认知资源的需要, 促进顿悟问题的成功解决。

## 4. 实验 3: 手影模拟对 17 只动物问题解决的影响

### 4.1. 实验目的和假设

实验目的: 从空间布局的角度出发, 验证手影模拟手势能够提高 17 只动物问题的解决水平。实验假设: 与拍手组相比, 手影模拟手势组在肿瘤 - 镭射问题的解决过程中成功率更高。

### 4.2. 被试

66 名本科大学生与研究生, 男女被试比例为 1:1, 被试平均年龄为  $20.19 \pm 2.51$  岁。所有被试均为右利手, 视力或矫正视力正常(4.8 以上), 无色弱色盲, 无影响实验的精神病史或生理疾病。66 名被试均没有参与实验 1 和实验 2。

### 4.3. 实验材料

#### 4.3.1. 十七只动物问题

印有肿瘤 - 镭射问题的 A4 纸和笔。该问题描述为: 17 只动物放进 4 个围栏中, 使每个围栏里动物的数量为奇数(Metcalf & Wiebe, 1987)。问题解决的关键: 至少在两个围栏之间形成空间嵌套。

#### 4.3.2. 图片材料

参考《手影游戏》(蓝山, 2010)一书中的手影材料, 从中筛选出 10 种由双手嵌套组成的手影, 邀请 1 名志愿者分别对 10 种手影在白色墙背景和灯光下进行模仿并拍照。采用 Photoshop 对照片进行剪辑和处理, 图片的亮度、颜色和透明度一致, 像素为  $800 \times 600$ , 图片包含真实的手势和手影。最终选定 10 张手势图。

#### 4.4. 实验设计和程序

单因素被试间的实验设计，实验的自变量为手势启动方式，分为手影模拟手势组和拍手组两个水平；因变量为问题解决率。

实验采用 E-prime2.0 软件进行编程，将刺激呈现在 14 英寸的电脑显示器上，并要求被试端坐保持 60 cm 的视距，直至实验结束。正式实验分为游戏阶段和问题解决阶段。实验开始前，主试告诉被试实验的目的是为了探究注意力的分散对问题解决能力的影响。实验开始后，在屏幕中央呈现 17 只动物问题 1 min，接着进入游戏阶段。游戏阶段中，手势组每个 trial 中，屏幕中央会呈现一个注视点“+”500 ms，随后手势图片随机呈现在屏幕中央，呈现时间为 10,000 ms，要求被试对手势图片进行手影模仿。拍手组每个 trial 中，屏幕中央会呈现一个注视点“+”500 ms，随后 5~10 内的一个数字随机闪现在屏幕四侧的任一侧，呈现时间为 200 ms，要求被试根据数字的大小进行相应次数的拍手游戏，反应时间为 4800 ms。手势组游戏阶段一共有 10 个 trial，拍手组游戏阶段一共有 20 个 trial。问题解决阶段中，17 只动物问题再次呈现在屏幕中央，向被试提供印有 17 只动物问题的 A4 纸和笔，要求被试在 15 min 之内对问题进行解答。实验结束后，要求实验组的被试完成与实验 1 相同的事后问卷。

#### 4.5. 实验结果

##### 4.5.1. 手势组和拍手组被试问题解决率的结果分析

**Table 3.** Comparison of problem solving under different experimental control conditions

**表 3.** 不同实验控制条件下被试问题解决的情况对比

组别	被试人数	成功解决人数	成功解决率
手势组	33	14	42.42%
拍手组	33	7	21.21%

一共有 66 名被试参与了本次实验，其中手势组和拍手组被试均为 33 人，但并非所有被试都解决了问题，被试具体的完成情况如表 3 所示。对手势组和拍手组被试的成功解决率进行卡方检验，结果显示被试问题解决的成功率存在着显著差异： $\chi^2 = 4.293$ ,  $p = 0.038 < 0.05$ ,  $\phi = 0.255$ ，处于中等效应水平，这表明手势组被试问题的成功解决率(42.42%)显著高于拍手组被试问题的成功解决率(21.21%)。

##### 4.5.2. 事后调查问卷的结果分析

事后问卷调查发现，成功解决问题的被试的惊讶程度评分为  $M \pm SD = 3.90 \pm 0.68$ ，处于比较惊讶的水平。所有被试对问题难度评分为  $M \pm SD = 3.93 \pm 0.90$ ，即问题难度处于比较难的水平。其次，手势组被试中没有被试意识到手势与问题解答之间存在线索提示的作用，而是认为手势与问题解答之间并没有任何关联或起干扰作用。最后，对两组被试在游戏阶段任务难度上的评分进行独立样本 t 检验，结果发现拍手训练和手影模拟之间的难度评分没有显著差异， $t(64) = -2.590$ ,  $p = 0.389$ ，这表明在不同实验控制条件所占用的认知资源相当，排除了被试在手影模拟中认知资源占用这一变量的影响。

#### 4.6. 讨论

实验 3 的结果表明，在问题解决成功率上，手影模拟组被试显著高于拍手组被试。可见相比拍手组被试，手影模拟组被试在解决 17 只动物问题上的表现更好，手影游戏中的手影模拟任务有助于提高被试在解决空间顿悟问题上的成绩。对事后问卷中手势诱导提示的意识度进行分析，结果显示被试并没有意识到伴随手影模拟任务对问题解决的线索提示，更多地认为是没有关联或干扰思考。这表明描述性和模

仿性的手影模拟与空间认知活动之间的关联是内隐的。被试在进行手势模仿的运动体验当中无意识地激活了大脑中与手势空间嵌套相关的认知表征，促进了空间顿悟问题的解决。

## 5. 总讨论

### 5.1. 身体参与了顿悟问题的解决过程

本质上，“常规处理说”与“特殊加工说”只是对顿悟问题解决是否与常规问题解决过程相同的两种现象学描述。但从本研究的结果看，两者看似对立，实则基于同一理论前提：均将问题解决视为“离身”的认知过程(尽管“特殊加工”可能是内隐的)，忽视身体及其运动在顿悟问题解决过程中的作用。

本研究结果表明，身体(手势)诱发了顿悟问题的“特殊处理”过程的发生。实验1中，当被试用纸笔解答六根火柴问题时，被试容易将思维固定在问题自动呈现的二维空间内。由于手势比划是一种三维空间的表达方式(So, Ching, Lim, Cheng, & Ip, 2014)，当实验组被试进行角度模拟时，这种与问题解决一致的手势能更容易诱导被试打破思维僵局，将原来在二维空间通过“常规处理”难以解决的“非逻辑”的问题，表征为三维空间内能够“常规处理”的问题。实验2中，当被试解答肿瘤-镭射问题时，该问题倾向于诱导被试固定在一个空间方位内进行思考。但正如已有研究证实的，手以及手臂的手势动作有助于维持工作记忆中的空间表征(Wesp et al., 2001)；不断重复的V形手势会促进被试在头脑中形成心理意象(Morsella & Krauss, 2004; Cook & Goldin-Meadow, 2006)。V形节拍这种与问题解决一致的多方向空间运动手势，更容易激活被试多方向的空间表征，将原来在一个空间方位中“常规处理”难以解决的问题，表征为多方向空间中容易解决的问题。实验3中，实验组被试所进行的与问题解决一致的手影模拟手势，更容易诱发被试不断形成与更新空间图像表征，将17只动物问题这种空间非嵌套布局表征无法“常规处理”的问题，表征为空间嵌套问题，促进了顿悟现象的发生。

以上实验中关键的、由与问题解决一致的手势所诱导发生的问题表征转换过程，实际上就是将三个原来难以“常规处理”的问题转换为能够“常规处理”能够的问题表征过程，其过程是身体动作诱发的、直觉的、突发的、内隐的、难以言传的。这也正是所谓的“特殊加工”过程。由此看来，顿悟问题的解决过程的确是“常规处理”与“特殊加工”整合的过程，两者在问题解决的不同阶段产生了不同的作用。顿悟问题解决始于并终于“常规处理”，“特殊加工”在中间起着非常关键的作用。

还要强调一点的是，手势(身体运动)影响顿悟问题的解决，但并非所有手势(身体动作)会产生相同的影响。本研究三个实验中，拍手组被试同样进行了身体运动，但与手势组被试相比，在空间顿悟问题解决的过程中表现更差。究其原因，可能只有“与问题解决一致的”手势才能促进顿悟的发生。以具身认知的观点看，“认知-身体-环境”是一个动态的统一体。解决问题时，相比与环境交互作用低(与问题解决不一致的动作，如拍手动作)的被试，与环境交互作用高(与问题解决一致的动作，如本研究设计的三类手势动作)的被试在解决顿悟问题时表现更好(Henok, Vallée-Tourangeau, & Vallée-Tourangeau, 2020)。总之，身体与问题情境互动性越高，越容易诱发“特殊加工”过程，顿悟出现的可能性越高。

### 5.2. 身体在顿悟问题解决的过程中同时起着工具性与功能性作用

本研究从侧面验证了身体在问题解决过程中的工具性作用。在实验过程中，我们观察到无论是拍手组还是手势组，绝大部分被试均会不自觉地通过手势来辅助思考。这些手部动作本质上只是被试思维在身体层面的延伸，其目的只是通过动作来表达、显化被试思考的过程，并执行思考所获得的行动计划。因此，这些手势虽然也是解决问题的重要元素或环节，但更多服务于认知并受认知支配，对于问题解决的“特殊加工”并无太大作用。

本研究最直接的目的就是验证身体(手势)在解决顿悟问题过程中的功能性作用。结果显示，实验1

证实了角度模拟手势促进了六根火柴问题的解决；实验2证实了V形节拍手势促进了肿瘤-镭射问题的解决；实验3证实了手影模拟手势促进了17只动物问题的解决。显然，这些不同的手势都是实验所要求的，并非被试思考过程中主动做出的工具性动作。为什么实验组被试的手势会显著提升其空间顿悟问题的解决水平呢？这表明身体直接参与了问题解决并发挥了功能性作用：身体并非只是认知的“容器”或“载体”，手势在主体意识不到的情况下内隐地诱导被试改变对问题的表征，促进了顿悟“特殊加工”的发生。

已有少量研究证实了身体在顿悟问题解决过程中的“功能性作用”（尽管没有提到这一术语），并试图解释其作用原理与机制。比如，Thomas和Lleras(2007; 2009b)认为，身体动作影响思维的关键可能在于，身体动作激活了与解决问题相关联的感觉运动模式(如注意的转移)或感知经验，进而促进了顿悟的发生。Barsalou(2008)认为概念是在身体与世界的互动中，大脑通过特殊的感受运动通道形成的；身体原本是一个三维的“容器”，其结构以及运动经验使我们认识了二维空间、三维空间、空间方位、空间嵌套等概念。顿悟可以通过身体及其与世界的互动来实现(Werner & Raab, 2014; 刘宏宇, 2016; Vallée-Tourangeau, Steffensen, Vallée-Tourangeau, & Sirota, 2016; Henok et al., 2020)；顿悟中的“灵光一闪”可以从身体及其与世界的互动经验中获得(张忠炉, 李红, 2014)。最近, Spiridonov等人(2019)将身体的两种作用与Wilson(2002)等提出的“离线认知”与“在线认知”联系起来，认为工具性作用的本质是身体通过运动去执行“离线认知”在大脑中预先定好的、窄向但长期的“认知计划”，动作的完成主要是作用于环境，与之没有太大的互动关系；身体产生功能性作用的本质是身体通过运动与环境在线互动，执行“在线认知”制订的、广域但短期的“认知计划”。身体在与问题环境不断互动的过程中，内隐地改变了问题的表征，提高顿悟问题解决的可能性。

本研究三个实验中经与问题解决一致的手势所诱导产生的“特殊加工”过程，外在表现为思维的“灵光一闪”并伴随着情绪的“啊哈”体验，认知层面则表现为内隐激活过程而非外显搜索的过程(Öllinger & Knoblich, 2008; Fedor et al., 2017)。在本研究的事后问卷调查中，绝大部分的被试(仅2名被试意识到)都没有意识到手势动作与顿悟问题解决之间存在关系，但在问题解决率和尝试次数上都显著高于拍手组，这说明身体的确在无意识中参与并提升了顿悟解决“特殊加工”这一过程。

### 5.3. 身体运动是提升顿悟能力与培养创造性思维的重要途径

在顿悟问题解决的过程中，为什么历经酝酿后会突然豁然开朗呢？“特殊加工”过程中到底发生了什么？顿悟能力应该如何培养？以往心理学更多强调多角度思考、打破思维定势与功能固着等心智策略，对身体及其与环境的互动等因素很少涉及。确实，酝酿期间，思维尤其是分析性思维是“常规处理”最重要的手段，但再多的“常规处理”也难以累积、导致“特殊加工”的发生。有时，暂时中断问题的“常规处理”，反而更可能诱导“特殊加工”的发生。是什么因素导致了这一现象呢？如果在思维或认知层面难以找到答案，身体、环境及两者的互动等因素为什么就应该纳入到考虑的范围。可能的原因是，酝酿期间，身体有不断运动，某些运动可能在主体意识不到的情况下产生了功能性作用，促进了顿悟的突然出现。

尽管身体功能性作用的机制仍需进一步探讨，但身体运动对顿悟能力的培养确有很强的启发意义。一方面，可利用身体的工具性作用促进学生学习。传统课堂中，主要是老师在说教和引导、学生听讲和被动接受的“脖颈以上”的教学过程(叶浩生, 2015)。学生缺乏相关的运动体验，对于图形、立体几何、空间转换等抽象的知识在头脑中只能形成模糊的表象，学习效率与效果均打折扣。在本研究看来，教师在备课时应根据知识的特点，设计相应的手势或其他身体动作，鼓励学生利用身体运动来表达或辅助思维过程，营造趣味性与科学性相结合的课堂氛围。另一方面，可利用身体的功能性作用促进学生学习。

与本研究一致，之前一些相关的研究强调了身体运动对学习的功能性影响。比如，弯曲手臂而不是伸展手臂，可以提高创造性的表现(Friedman & Förster, 2002; Hao, Yuan, Hu, & Grabner, 2014)；手掌翻转与静止相比更可能暗示问题的相反方面(Leung et al., 2012)；流畅的手臂运动比停顿性的手臂运动更倾向于产生创造性的想法(Slepian & Ambady, 2012)。今后，可要求学生多进行体育锻炼，并针对性地设计一些与学习一致的身体运动训练，以提升学生的学习效果。

当然，本研究也存在着不足。首先，手势动作的设计存在一定主观性。尽管研究试图基于具身认知原理来选择与问题解决一致的手势，但这些手势是否真正最优地促进了问题的解决还无法确定。这背后的原因是，我们仍不清楚身体产生功能性作用的原理及机制，无法确定动作设计的最佳标准。其次，缺乏多维研究手段。三个实验均只是行为研究，且选择了平行的研究主题与基本一致的研究设计。在未来，要借鉴并结合顿悟研究的认知神经科学研究及其他领域的具身认知研究，深入了解身体影响问题解决的生理与认知机制，建构身体功能性作用的理论模型。最后，未深挖研究对实践的指导作用。顿悟能力绝非天赋的神秘本能。在未来的研究与实践中，应探索将心智训练与身体训练整合起来，让教学过程既有“言传”，又有“身教”，让学习变得更加有趣与有效。

## 6. 结论

- 1) 身体在顿悟问题解决的过程中同时起着工具性与功能性作用；
- 2) 与问题解决一致的手势动作能够提升空间顿悟问题的解决水平；
- 3) 身体动作训练是顿悟能力培养的重要途径。

## 参考文献

- 蓝山(2010). *手影游戏*. 湖南少年儿童出版社.
- 刘宏宇(2016). *顿悟问题解决的具身性实验研究*. 博士学位论文, 上海: 华东师范大学.
- 罗劲(2004). 顿悟的大脑机制. *心理学报*, 36(2), 219-234.
- 叶浩生(2015). 身体与学习: 具身认知及其对传统教育观的挑战. *教育研究*, 36(4), 104-114.
- 张忠炉, 李红(2014). 通达创造性顿悟的具身之路. *华东师范大学学报(教育科学版)*, 32(4), 80-89.
- Anderson, M. (2003). Embodied Cognition: A Field Guide. *Artificial Intelligence*, 149, 91-130. [https://doi.org/10.1016/S0004-3702\(03\)00054-7](https://doi.org/10.1016/S0004-3702(03)00054-7)
- Anzai, Y., & Simon, H. A. (1979). The Theory of Learning by Doing. *Psychology Review*, 86, 124-140. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.86.2.124>
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded Cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 617-645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- Bowden, E. M., Jung-Beeman, M., Fleck, J., & Kounios, J. (2005). New Approaches to Demystifying Insight. *Trends in Cognitive Sciences*, 9, 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2005.05.012>
- Chronicle, E. P., MacGregor, J. N., & Ormerod, T. C. (2004). What Makes an Insight Problem? The Roles of Heuristics, Goal Conception, and Solution Recoding in Knowledge-Lean Problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 30, 14-27. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.30.1.14>
- Cook, S. W., & Goldin-Meadow, S. (2006). The Role of Gesture in Learning: Do Children Use Their Hands to Change Their Minds? *Journal of Cognition & Development*, 7, 211-232. [https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0702\\_4](https://doi.org/10.1207/s15327647jcd0702_4)
- Cunningham, J. B., MacGregor, J. N., Gibb, J., & Haar, J. (2009). Categories of Insight and Their Correlates: An Exploration of Relationships among Classic-Type Insight Problems, Rebus Puzzles, Remote Associates and Esoteric Analogies. *The Journal of Creative Behavior*, 43, 262-280. <https://doi.org/10.1002/j.2162-6057.2009.tb01318.x>
- Dominowski, R. L., & Dallob, P. (1995). Insight and Problem Solving. In R. J. Sternberg, & J. E. Davidson (Eds.), *The Nature of Insight* (pp. 33-62). The MIT Press.
- Fedor, A., Zachar, I., Szilágyi, A., Öllinger M, de Vlarar, H. P., & Szathmáry, E. (2017). Cognitive Architecture with Evolutionary Dynamics Solves Insight Problem. *Frontiers in Psychology*, 8, Article 427.

- <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00427>
- Fleck, J. I., & Weisberg, R. W. (2004). The Use of Verbal Protocols as Data: An Analysis of Insight in the Candle Problem. *Memory & Cognition*, 32, 990-1006. <https://doi.org/10.3758/BF03196876>
- Fleck, J. I., & Weisberg, R. W. (2013). Insight versus Analysis: Evidence for Diverse Methods in Problem Solving. *Journal of Cognitive Psychology*, 25, 436-463. <https://doi.org/10.1080/20445911.2013.779248>
- Fleck, J. I., Beeman, M., & Kounios J. (2013). Insight. In D. Reisberg (Ed.), *The Oxford Handbook of Cognitive Psychology* (pp. 779-794). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780195376746.013.0049>
- Friedman, R. S., & Förster, J. (2002). The Influence of Approach and Avoidance Motor Actions on Creative Cognition. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38, 41-55. <https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1488>
- Gibbs, R. (2006). *Embodiment and Cognitive Science*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511805844>
- Grant, E. R., & Spivey, M. J. (2003). Eye Movements and Problem Solving: Guiding Attention Guides Thought. *Psychological Science*, 14, 462-466. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.02454>
- Hao, N., Yuan, H., Hu, Y., & Grabner, R. H. (2014). Interaction Effect of Body Position and Arm Posture on Creative Thinking. *Learning and Individual Differences*, 32, 261-265. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.03.025>
- Henok, N., Vallée-Tourangeau, F., & Vallée-Tourangeau, G. (2020). Incubation and Interactivity in Insight Problem Solving. *Psychological Research*, 84, 128-139. <https://doi.org/10.1007/s00426-018-0992-9>
- Jones, G. (2003). Testing Two Cognitive Theories of Insight. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 29, 1017-1027. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.29.5.1017>
- Katona, G. (1940). *Organizing and Memorizing: Studies in the Psychology of Learning and Teaching*. Columbia University.
- Kershaw, T. C., & Ohlsson, S. (2004). Multiple Causes of Difficulty in Insight: The Case of the Nine-Dot Problem. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition*, 30, 3-13.
- Leung, A. K. Y., Kim, S., Polman, E., Ong, L. S., Qiu, L., Goncalo, J. A., & Sanchez-Burks, J. (2012). Embodied Metaphors and Creative Acts. *Psychological Science*, 23, 502-509. <https://doi.org/10.1177/0956797611429801>
- MacGregor, J. N., Ormerod, T. C., & Chronicle, E. P. (2001). Information-Processing and Insight: A Process Model of Performance on the Nine-Dot and Related Problems. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 27, 176-201. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.27.1.176>
- McNeill, D. (1992). *Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought*. University of Chicago Press.
- Metcalf, J., & Wiebe, D. (1987). Intuition in Insight and Noninsight Problem Solving. *Memory & Cognition*, 15, 238-246. <https://doi.org/10.3758/BF03197722>
- Morsella, E., & Krauss, R. M. (2004). The Role of Gestures in Spatial Working Memory and Speech. *The American Journal of Psychology*, 117, 411-424. <https://doi.org/10.2307/4149008>
- Murray, A., & Byrne, R. M. J. (2013). Cognitive Change in Insight Problem Solving: Initial Model Errors and Counter Examples. *Journal of Cognitive Psychology*, 25, 210-219. <https://doi.org/10.1080/20445911.2012.743986>
- Öllinger, M., & Knoblich, G. (2008). Investigating the Effect of Mental Set on Insight Problem Solving. *Experimental Psychology*, 55, 269-282. <https://doi.org/10.1027/1618-3169.55.4.269>
- Ormerod, T. C., MacGregor, J. N., & Chronicle, E. P. (2002). Dynamics and Constraints in Insight Problem Solving. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 28, 791-799. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.28.4.791>
- Scheerer, M. (1963). Problem-Solving. *Scientific American*, 208, 118-131. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0463-118>
- Slepian, M. L., & Ambady, N. (2012). Fluid Movement and Creativity. *Journal of Experimental Psychology: General*, 141, 625-629. <https://doi.org/10.1037/a0027395>
- So, W. C., Ching, T. H. W., Lim, P. E., Cheng, X., & Ip, K. Y. (2014). Producing Gestures Facilitates Route Learning. *PLOS ONE*, 9, e112543. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112543>
- Spiridonov, V., Loginov, N., Ivanchei, I., & Kurgansky, A. V. (2019). The Role of Motor Activity in Insight Problem Solving (the Case of the Nine-Dot Problem). *Frontiers Psychology*, 10, Article 2. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00002>
- Thomas, L. E., & Lleras, A. (2007). Moving Eyes and Moving Thought: On the Spatial Compatibility between Eye Movements and Cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14, 663-668. <https://doi.org/10.3758/BF03196818>
- Thomas, L. E., & Lleras, A. (2009a). Swinging into Thought: Directed Movement Guides Insight in Problem Solving. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16, 719-723. <https://doi.org/10.3758/PBR.16.4.719>
- Thomas, L. E., & Lleras, A. (2009b). Covert Shifts of Attention Function as an Implicit Aid to Insight. *Cognition*, 111, 168-174. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2009.01.005>

- 
- Vallée-Tourangeau, F., Steffensen, S. V., Vallée-Tourangeau, G., & Sirota, M. (2016). Insight with Hands and Things. *Acta Psychologica, 170*, 195-205. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2016.08.006>
- Wang, X., Lu, K., Runco, M. A., & Hao, N. (2018). Break the “Wall” and Become Creative: Enacting Embodied Metaphors in Virtual Reality. *Consciousness and Cognition, 62*, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.concog.2018.03.004>
- Weisberg, R. W. (2006). *Creativity: Understanding Innovation in Problem Solving, Science, Invention, and The Arts*. Wiley.
- Weisberg, R. W. (2015). Toward an Integrated Theory of Insight in Problem Solving. *Thinking & Reasoning, 21*, 5-39. <https://doi.org/10.1080/13546783.2014.886625>
- Weisberg, R. W., & Alba, J. W. (1981). An Examination of the Alleged Role of “Fixation” in the Solution of Several “Insight” Problems. *Journal of Experimental Psychology: General, 110*, 169-192. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.110.2.169>
- Werner, K., & Raab, M. (2013). Moving to Solution: Effects of Movement Priming on Problem Solving. *Experimental Psychology, 60*, 403-409. <https://doi.org/10.1027/1618-3169/a000213>
- Werner, K., & Raab, M. (2014). Moving Your Eyes to Solution: Effects of Movements on the Perception of a Problem-Solving Task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology, 67*, 1571-1578. <https://doi.org/10.1080/17470218.2014.889723>
- Werner, K., Raab, M., & Fischer, M. H. (2018). Moving Arms: The Effects of Sensorimotor Information on the Problem-Solving Process. *Thinking & Reasoning, 25*, 171-191. <https://doi.org/10.1080/13546783.2018.1494630>
- Wesp, R., Hesse, J., Keutmann, D., & Wheaton, K. (2001). Gestures Maintain Spatial Imagery. *American Journal of Psychology, 114*, 591-600. <https://doi.org/10.2307/1423612>
- Wilson, M. (2002). Six Views of Embodied Cognition. *Psychonomic Bulletin & Review, 9*, 625-636. <https://doi.org/10.3758/BF03196322>