

How Prior Knowledge Affects Category Learning

Qiang Xing¹, Jingshang Che²

¹Department of Psychology, Guangzhou University, Guangzhou

²Guangzhou Tian He College of Guangdong Polytechnic Normal University, Guangzhou

Email: qiang_xingpsy@126.com

Received: Feb. 22nd, 2011; revised: Apr. 14th, 2011; accepted: May 11th, 2011.

Abstract: The paper studies how prior knowledge affects the inference learning by eye tracking. Using one-way within-subjects design, the experiment examined subjects' fixations on knowledge-related dimensions and knowledge-unrelated ones. The results showed that subjects allocated more attention to knowledge related dimensions than knowledge-unrelated ones, and the tendency appeared in the beginning. This showed that prior knowledge can promote the learning of knowledge-related dimensions.

Keywords: Category Learning; Inference Learning; Prior Knowledge; Eyetracking

先前知识对推理学习的影响

邢强¹, 车敬上²

¹广州大学心理学系, 广州

²广东技术师范学院天河院, 广州

Email: qiang_xingpsy@126.com

收稿日期: 2011年2月22日; 修回日期: 2011年4月14日; 录用日期: 2011年5月11日

摘要: 采用眼动方法研究了先前知识对推理学习的影响。实验采用单因素被试内设计, 考察了被试在推理学习过程中对知识相关维度和无关维度的注视情况。结果表明被试对相关维度的注意多于无关维度, 并且这种倾向在实验一开始就出现了, 说明先前知识能够促进对知识相关维度的学习。

关键词: 类别学习; 推理学习; 先前知识; 眼动

1. 前言

类别知识在生活中具有重要的作用, 它使我们纷繁复杂的世界分成各种集合, 从而快速有效的识别客观事物, 简化了认知过程。获得类别知识的过程就是类别学习, 大多数类别学习都与先前知识是交互作用的, 在我们学习一个新的客体的时候, 我们已经对这个客体所属范畴的知识有了大体的了解, 比如动物范畴、植物范畴等(Hoffman, 2008)。

关于先前知识对类别学习的影响, 国外心理学家进行了大量的研究, 发现知识对类别学习的影响受多种因素制约。例如, Barslous(1985)比较了被试在难易程度不同的条件下形成有关类别的理论, 发现当一个类别的样例和特征易被某种“理论”所解释时, 对典型性特征判断依赖于样例适合于理论的程度; 当这种关于类别的“理论”难于形成时, 典型性判断依赖于样例特征的统

计信息。Splandring 和 Murphy(1999)关于类别建构的研究表明, 在有主题的情况下, 被试倾向于使用不同的维度, 而不再利用类别项目机械特征的物理相似性, 这表明主题中的知识促进了类别结构的学习。Murphy 和 Wisniewski(1994)发现, 对类别中特征关系的注意, 在很大程度上受对特征间因果关系知觉的影响。Kaplan 和 Murphy(2000)认为相关的知识能够在一定程度上促进被试对家族相似性类别结构的获得。

国内研究者也对类别学习中知识的作用进行了大量的研究。例如, 郑海燕(2008)等对类别特征的相似性与竞争性进行了探索, 考察了在双类别的情境中匹配特征数量和特征概率对特征推理结果的影响。结果表明: 在类别内部项目新异特征相似程度高的情况下, 不一致的先前知识没有对类别学习起阻碍作用, 而在类别内部项目新异特征相似程度低的情况下, 不一致

的先前知识对类别学习起阻碍作用。陈红敏、郭璐、莫雷和郑海燕(2010)等探讨一致的先前知识对类别学习的影响, 结果表明: 在实验任务为项目类别归属判断任务时, 机械特征重要程度低, 主题特征与机械特征在学习上存在竞争关系; 在实验任务为项目类别归属及记忆任务时, 机械特征重要程度高, 主题特征与机械特征在学习上存在促进关系。此外, 张阔, 阴国恩等人(2003, 2006)探讨了先前知识对初中生学习家族相似性类别的影响, 研究结果表明: 基于先前知识的主题关系对初中生的类别学习有显著促进; 初中生在基于已有知识的类别学习中更多地获得了知识关联特征的信息, 同时也能对机械特征保持敏感。

自从发现学习困难与归类所需要的诊断性维度数量有关后, 类别学习中注意的选择机制开始受到心理学家的关注。许多类别学习的模型都以选择性注意的变化来表示类别学习过程。但是由于注意不易捕捉和测量, 在心理学研究初期只能对其进行理论假设, 并没有独立的测量指标检验这些假设。随着眼动技术的发展, 眼动仪为精确地测量外显注意提供了良好的方法。Rehder(2005)等研究了推理学习过程中的眼动, 结果表明使用眼动指标来表示类别学习中的注意直观而有效。Blair 等人(2009)使用眼动仪研究了类别学习中的注意灵活性, 发现注意可以有差别的分配到不同的刺激上, 支持了注意的灵活性。Kim 和 Rehder(2009)等人研究了类别学习过程中先前知识是如何影响注意的, 发现先前知识会增加对知识相关维度的注意, 减少对无关维度的注意, 而且这个过程是逐渐发生的, 这个研究进一步表明眼动仪研究类别学习中注意机制的有效性。

已有关于知识如何影响类别学习的研究大都是使用分类学习的方式, 本研究旨在使用眼动仪探讨先前知识影响下推理学习过程的注意机制, 有以下三个假设: 第一、先前知识促进推理学习中知识相关维度特征的学习。第二、先前知识使注意分配到知识相关维度上。第三、这种注意分配是逐渐变化的。

2. 研究方法

2.1. 被试

33 名大学生, 男 17 名, 女 16 名, 所有被试视力

或矫正视力正常。

2.2. 实验设计及材料

本实验采用单因素被试内设计, 因素的两个水平为特征与主题知识相关和与主题知识无关。

实验使用的材料与 Shin Woo Kim 和 Bob Rehder (2009)研究中所使用的材料一致。两个类别 D 和 K 由 6 个二维特征组成。表 1 为类别的结构。D0 和 K0 是类别原型(图 1)。D 生活在冰原, K 生活在沙漠。6 个特征中, 有 4 个是与冰原或沙漠的主题相关的, 2 个是中性的, 图 2 是知识描述的样例。

2.3. 实验仪器

本实验知识获得使用 E-prime 心理学实验软件呈现刺激。类别学习眼动阶段使用加拿大 SR Research 公司生产的 Eyelink-II 型眼动仪, 设定采样频率为 250 Hz, 记录方法为瞳孔反射, 可以记录被试的注视位置、注视点持续时间, 注视次数等数据。

2.4. 实验程序

实验包括三个阶段: 知识获得、推理学习、单特征测试。在知识获得阶段, 只呈现昆虫的一个特征和对这个特征的描述说明。被试自己控制学习的时间, 被试学习完知识后会进行知识获得情况的测验。最后让被试复述特征的描述, 复述错误则返回重学, 全部复述正确则通过知识获得阶段。

推理学习阶段, 呈现的昆虫图片会隐去其中一个特征, 让被试从图片下方两个特征中选择属于图中所示昆虫的那个特征(图 3), 被试判断后给予反馈。当被

Table 1. Category structures
表 1. 类别结构

	尾巴	足	翅膀	嘴	前臂	触角
D0	1	1	1	1	1	1
D1	1	1	1	1	1	0
D2	1	1	1	1	0	1
D3	1	1	1	0	1	1
D4	1	1	0	1	1	1
D5	1	0	1	1	1	1
D6	0	1	1	1	1	1
K0	0	0	0	0	0	0
K1	0	0	0	0	0	1
K2	0	0	0	0	1	0
K3	0	0	0	1	0	0
K4	0	0	1	0	0	0
K5	0	1	0	0	0	0
K6	1	0	0	0	0	0

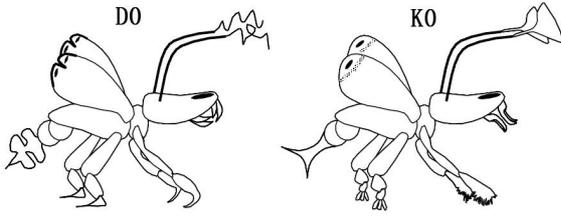
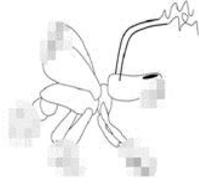


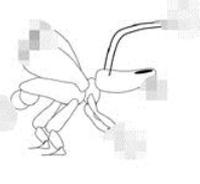
Figure 1. Prototypes of the two insect
图 1. 两种昆虫的类别原型

主题知识相关描述样例



由于气温低,这种昆虫眼睛的某些部位回结冰,导致这种昆虫的眼睛看不见。这种线形触角可以使它灵活地探测周围的环境。

主题知识无关描述样例



这种昆虫用脚尖锋利的凸起来保护自己。

Figure 2. Examples of knowledge descriptions
图 2. 知识描述样例

试连续三个单元的正确率达到 90%, 或者所有单元结束, 推理学习阶段中止。

单特征测试阶段, 使用的图片与知识获得阶段一样, 但仅呈现昆虫的一个特征, 没有关于特征的描述, 让被试判断特征所属类别。

3. 实验结果与分析

3.1. 知识获得情况

知识获得阶段, 被试平均用 3.4 个单元习得知识。知识获得检验时, 中性维度知识判断的正确率为 0.95 ± 0.137 , 相关维度知识的正确率为 0.91 ± 0.102 , 配对样本 t 检验结果为 $t(48) = 1.7$, $p = 0.094 > 0.05$, 说明两种知识的获得情况相同。

3.2. 推理学习情况及单特征测试结果

在学习阶段, 被试达到学习标准平均需要 5.17 个单元。对相关维度单个特征判断的平均错误率为 0.148, 中性维度特征判断的错误率为 0.203, 配对样本 t 检验, $t(28) = -3.099$, $p = 0.003 < 0.05$, 在整个推理学习过程中, 对中性维度判断的错误率显著高于相关维度。单特征测试结果显示, 相关维度的正确率 (0.87 ± 0.308) 略高于中性维度 (0.86 ± 0.316), 但是两者差异不显著 $p = 0.839$ 。

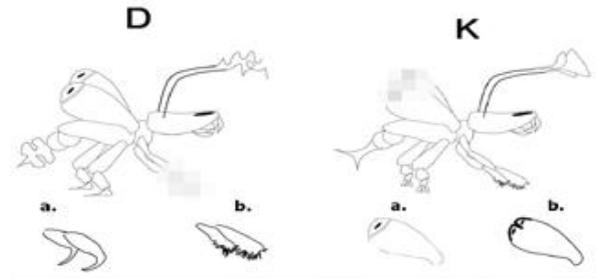


Figure 3. Examples of inference learning
图 3. 推理学习图片示例

3.3. 眼动指标分析

3.3.1. 眼动指标计算方法

将昆虫的 6 个特征和标签划分为 7 个兴趣区域, 再将他们归为三类: 相关维度、中性维度和标签。本研究所使用的指标主要有被试观察的特征个数、注视时间。某个特征被注视一次就算是被试观察了这个特征。对于相关维度, 注视个数范围是 0 到 4 个, 而中性维度是 0 到 2 个, 由于数量不等所以我们使用注视个数概率来表示, 即将相关维度的注视个数除以 4, 中性维度的除以 2。注视时间概率采用相同的计算方法。

3.3.2. 推理学习过程中注意的分配情况

推理学习过程中注视的相关维度特征个数为 $3.98(SD = 1.782)$, 中性维度特征个数为 $1.25(SD = 1.731)$, 二者差异显著 ($t(146) = 40.286$, $p = 0.000 < 0.01$)。对两个维度的注视个数概率进行相关样本 t 检验, 二者的差异也显著 ($t(146) = 9.98$, $p = 0.000$), 说明推理学习过程中对与先前知识一致的维度分配更多的注意。

3.3.3. 注意分配的变化情况

表 2 以注视特征个数概率和注视时间概率为因变量, 描述了被试在第一个单元和最后一个单元对各兴趣区域的注视情况。以注视个数概率为因变量, 做单元(第一单元 VS. 最后单元)与兴趣区域(相关维度 VS. 无关维度 VS. 标签)的方差分析, 结果如表 3。由表 3 可见, 单元与兴趣区域的主效应显著, 两者的交互作用也显著。从事后比较结果表 4 可以看出, 无论是第一单元还是最后单元, 对相关维度的注视大于中性维度, 对标签的注视是最少的, 且这种差异显著。在相

Table 2. The fixation probability of interested areas
表 2. 不同兴趣区域的注视情况

兴趣区域	单元	注视特征个数概率	注视时间概率
相关维度	第一单元	0.240 ± 0.067	0.327 ± 0.099
	最后单元	0.142 ± 0.070	0.192 ± 0.113
中性维度	第一单元	0.097 ± 0.033	0.126 ± 0.047
	最后单元	0.059 ± 0.042	0.072 ± 0.052
标签	第一单元	0.314 ± 0.026	0.035 ± 0.031
	最后单元	0.315 ± 0.025	0.030 ± 0.026

Table 3. 2 × 3 ANOVA on blocks and interested areas
表 3. 不同单元与兴趣区域的注视个数概率方差分析结果

	SS	df	MS	F	p
兴趣区域	0.727	2	0.364	202.519	0.000
单元	0.082	1	0.082	22.268	0.000
兴趣区域 × 单元	0.066	2	0.033	21.965	0.000

Table 4. Multiple comparisons of different interested areas
表 4. 不同兴趣区域的多重比较结果

	i	j	i-j	p
第一单元	相关	中性	0.143	0.000
		标签	0.209	0.000
	中性	标签	0.065	0.000
最后单元	相关	中性	0.083	0.000
		标签	0.111	0.000
	中性	标签	0.028	0.000

关维度和中性维度上,第一单元的注视大于最后单元,且这种差异显著($p = 0.000$, $p = 0.011$),在标签上第一单元和最后单元的差异不显著($p = 0.991$)。

以注视时间概率为因变量,做单元(第一单元 VS. 最后单元)与兴趣区域(相关维度 VS. 无关维度 VS. 标签)的方差分析。发现兴趣区域的主效应显著, $F(2,52) = 169.698$, $p = 0.000 < 0.01$; 单元的主效应显著, $F(1,52) = 22.157$, $p = 0.000 < 0.01$; 二者交互作用显著, $F(2,52) = 18.558$, $p = 0.000 < 0.01$ 。事后检验结果显示,无论是在第一单元还是在最后单元,对相关维度的注视大于中性维度大于标签,对标签的注视最少,且这种差异都显著。

4. 讨论

4.1. 先前知识对推理学习结果的影响

在推理学习过程中,被试对知识相关维度的学习要优于知识中性维度,表明先前知识促进了对知识相关维度特征的学习,这个结果与 Kaplan 和 Murphy (2000)的研究结果一致。可能是因为相关维度特征激活对应的先前知识,促进被试建构主题,而主题的建构又使被试可以快速有效地进行推理学习,也就是说

相关维度特征对推理学习来说是有效的,而中性维度的有效性不如相关维度,所以相关维度的学习优于中性维度。

在学习过程中对相关维度的学习优于中性维度,那么单特征测试的成绩也应该是相关维度优于中性维度,本研究的数据显示存在这种差异但不显著。可能的解释有两个。第一,本实验的被试样本较少。少量的样本减弱了统计的检验效力。第二,影响类别学习成绩的因素包括匹配特征、非匹配特征和对立特征,即材料特征之间的相似性及竞争性(郑海燕, 莫雷, 2010)。本研究所用学习材料只包含相关和中性两种维度,在没有对立特征存在的推理学习中,被试易做出推理判断,因此二者的单特征测试结果没有达到显著差异。

4.2. 先前知识影响注意的分配权重

已有的研究表明知识使被试注意知识相关的信息,本研究表明在推理学习中被试倾向于把其注意指向与先前知识一致的相关维度,根据类别学习的 SUSTAIN 模型(Love, 1998),由于认知加工能力有限,人们会倾向于选择一个最简单的解决方案来简化归类问题的解决。知识相关的特征能够快速构建有利于类别判断的主题情境,主题情境的构建使得相关维度特征能够有效地预测缺失的特征。相对于关注不能构建主题的中性维度而言,注视那些具有较高特征预测能力的相关维度是完成推理学习任务的简单方案。因此被试会在相关维度分配较多的注意资源,对之进行深加工。本研究数据显示在推理学习中与先前知识相关的特征分配较多的注意,该结果支持 Murphy 的观点,即在类别学习过程中,知识会引导注意指向知识相关的特征而忽略中性特征。

4.3. 先前知识对注意的影响不是渐进的

对于有机体来说,环境要求他们准确而高效的完成任务,这个过程需要忽略无关信息的干扰,才能够有效的提升问题解决的效率。这种减少对无关信息的注意,增加对相关信息的注意,称之为注意优化(attentional optimization)(Blair, 2009)。在归类理论中,尽管类别的表征图式不一样,但是在类别学习过程中注意优化的习得是个必要因素。许多类别学习的模型都认

为类别学习中注意优化过程是通过错误驱动(error-driven)来完成的。最流行的是 Kruschke 建立的几个较有影响力的模型。这些模型的共同点是类别学习的注意优化过程是通过对被试的错误反应进行反馈的结果。根据这种假设,类别学习过程中被试在开始阶段不会产生对某个特征的注意偏向,因为被试还没有了解哪种特征对归类有用。Rehder(2009)等人对分类学习的研究结果支持这一观点,在他的实验中,被试对相关维度和中性维度的注意在初期并没有出现显著差异,注意优化是在分类学习过程中逐渐变化的。但是本研究的结果显示在推理学习初期,被试对相关维度的注意显著高于无关维度。分析其原因可能是因为被试在知识获得阶段已经通过知识的描述构建出主题,根据这个主题可以对特征进行简单归类,造成其在推理学习阶段初期偏向于知识相关维度。

5. 结论

1) 先前知识影响推理学习的获得,对知识相关维度的学习要优于知识中性维度。

2) 在推理学习过程中,先前知识使被试的注意指向知识相关特征,远离中性知识特征,并且这种注意的变化在刚开始进行分类时就发生了。

6. 致谢

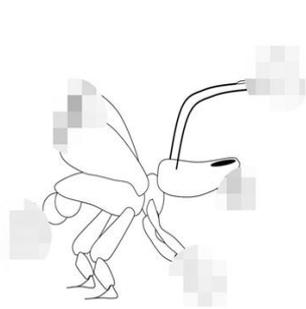
本文是国家自然科学基金研究成果,感谢国家自然科学基金对本研究的支持,项目编号 31070918。

参考文献 (References)

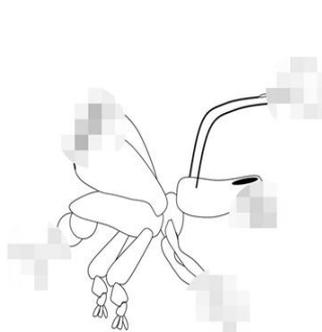
- 陈红敏,郭璐,莫雷,郑海燕(2010). 一致的先前知识对类别学习影响机制的探讨. *心理科学*, 1 期, 20-23.
- 阴国恩,张阔,王敬欣(2003). 基于理论的类别观和类别形成中的知识效应. *心理科学*, 4 期, 731-732.
- 张阔,阴国恩,王敬欣(2006). 先前知识对初中学生学习家族相似性类别的影响. *心理学探新*, 1 期, 56-61.
- 郑海燕,郭璐,莫雷,陈红敏(2008). 机械特征相似程度不同情况下类别联想对类别学习的影响. *心理科学*, 3 期, 588-591.
- 郑海燕,莫雷(2010). 双类别情境中类别特征的相似性与竞争性对特征推理的影响. *心理科学*, 2 期, 289-293.
- Barsalou, L. W. (1985). Ideals, central tendency, and frequency of instantiations determinants of graded structure in categories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 11, 626-654.
- Blair, M. R., Watson, M. R., Walshe, R. C., & Maj, F. (2009). Extremely selective attention: Eye-tracking studies of dynamic attention allocation to stimulus features in categorization. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 35, 1196-1206.
- Hoffman, A. B., Harris, H., & Murphy, G. L. (2008). Prior knowledge enhances the category dimensionality effect. *Memory & Cognition*, 36, 256-270.
- Kaplan, A. S., & Murphy, G. L. (2000). Category learning with minimal prior knowledge. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 829-846.
- Kim, S., & Rehder, B. (2009). Knowledge effect the selective attention in category learning: An eyetracking study. In N. Taatgen, H. van Rijn, L. Schomaker, & J. Nerbonne(Eds.), *Proceedings of the 31st Annual Conference of the Cognitive Science Society*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Love, B. C., Medin, D. L., & Gureckis, T. M. (2004). SUSTAIN: A network model of category learning. *Psychological Review*, 111, 309-332.
- Rehder, B., & Hoffman, A. B. (2005). Thirty-something categorization results explained: Selective attention, eyetracking, and models of category learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31, 811-829.
- Spalding, T. L., & Murphy, G. L. (1999). What is learned in knowledge-related categories? Evidence from typicality and feature frequency judgments. *Memory & Cognition*, 27, 856-867.
- Wisniewski, E. J., & Medin, D. L. (1994). On the interaction of theory and data in concept learning. *Cognitive Science*, 18, 221-281.

附录：实验材料

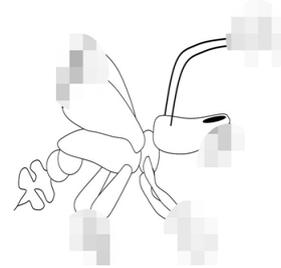
1. 知识获得阶段材



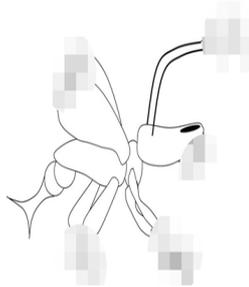
这种昆虫用脚尖锋利的凸起来保护自己。



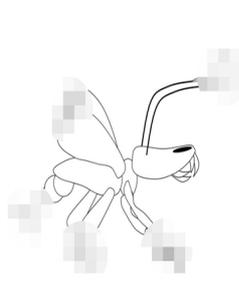
这种脚趾可以释放出独特的化学物质来传递信息。



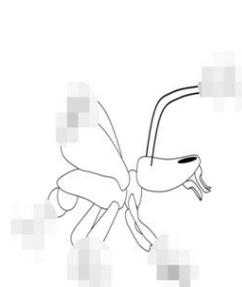
这种昆虫把营养蛋白储存在拱起的尾巴里面，然后通过尾巴上尖尖的管口把蛋白喂养给幼虫。



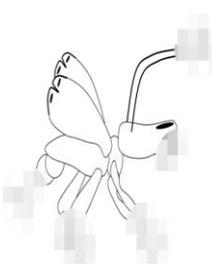
这种昆虫一次能下许多蛋，这种喇叭状的尾巴能有利于一次运送多个蛋。



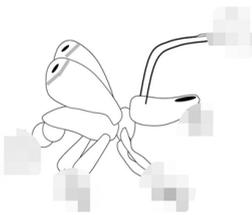
由于地面冻结，锋利的门牙能帮助这种昆虫打破坚韧的土地以便找到食物。因为食物一开始被沙子覆盖着，在吃之前昆虫使用这种形状的嘴来去除杂质。



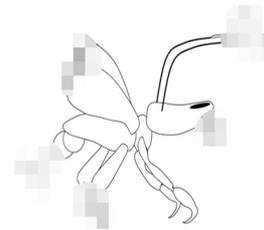
因为生活的环境经常刮大风雪，因此在强风来临的时候它们需要用这种形状的前臂来固定自己。



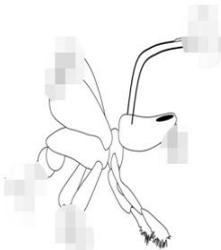
翅膀末端由于冰雹的打击而裂开，但末端有粗的血管能防止翅膀断裂。



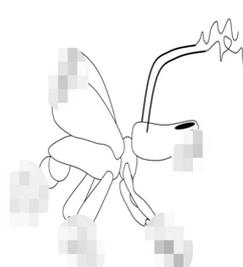
因为气温很高，以致这种昆虫的翅膀末端都烂了，但在翅膀中的“灰色区”能发展出新的可代替细胞来促进受损的翅膀修复。



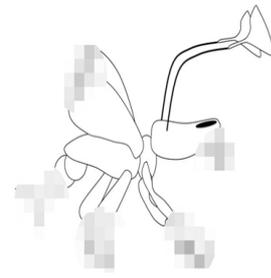
由于空气热而且干燥，这种昆虫很容易丧失水分。为了保持体内的水分，这种昆虫用这种风扇型触角吸收空气的水蒸气。



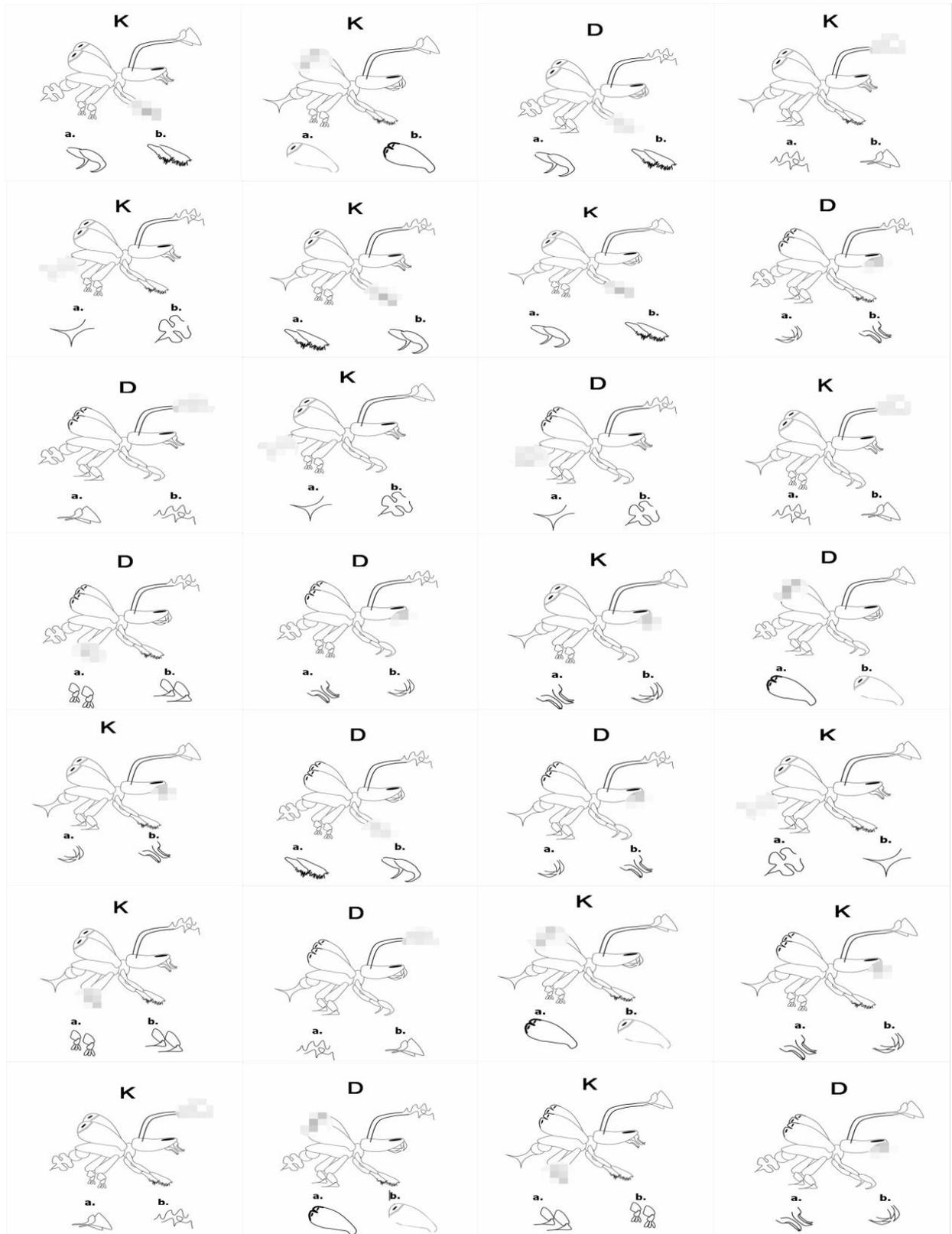
因为这种昆虫的捕食对象（例如跳蚤）是藏在沙里的，用带刺棘状突起的前臂可以扫除沙子一发现捕食对象。

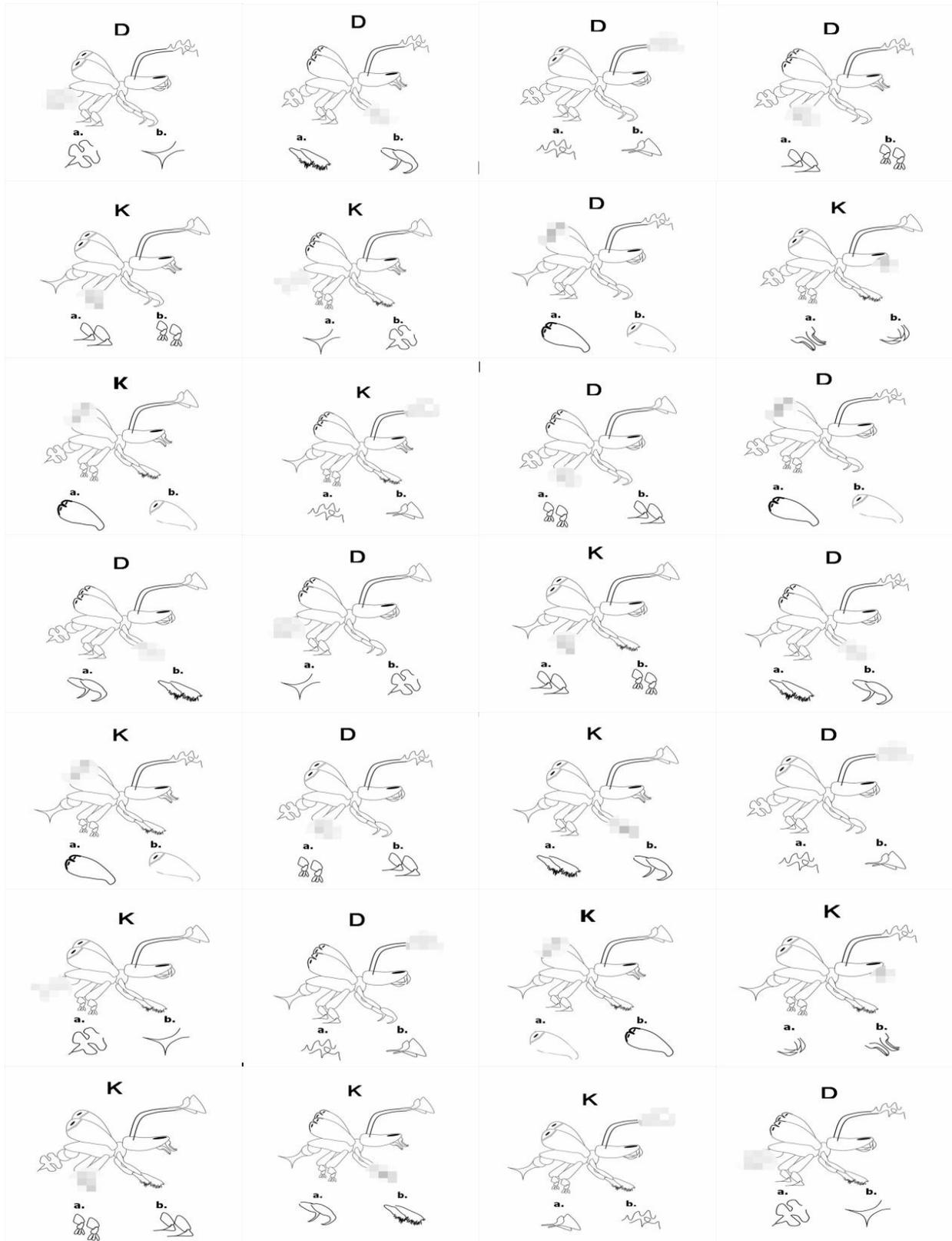


由于气温很低，这种昆虫眼睛的某些部位会结冰，导致这种昆虫的眼睛看不见。这种线形触角可以使它灵活地探测周围的环境。



2. 推理学习阶段材料





3. 单特征测试阶段材料:

问题: 请根据你刚刚学过的知识和学会的类别, 判断以下动物的身体特征到底是属于“D”还是属于“K”?

