

国外知觉学习研究的若干进展

胡 平 陈文锋 焦书兰

中国科学院心理研究所(北京 100101)

摘 要 20世纪90年代以来,国外有关知觉学习(perceptual learning)的研究取得了若干重要进展。文章从知觉学习的实质、知觉学习的特性以及知觉学习的机制等方面进行了总结,可以看到:知觉学习遵循着联结学习模型,但在反馈、时间特性、任务、水平和生理神经基础有其自己的特性,知觉学习中存在注意、印记、分化性和组合性四个机制共同起作用,在此基础上,该文对以后进行的有关研究进行了展望。

关键词 知觉学习,实质,特性,机制

分类号 B842.2

心理学工作者在做知觉实验时都会注意到一个问题:就是被试对实验任务的熟悉程度,包括实验过程和实验材料的熟悉程度对实验结果的影响。一般解决问题的办法是对被试的经验进行控制,将不同经验的被试进行组间的匹配,另一种解决问题的方式就是对被试进行训练。我们可以看到,经过训练后,知觉行为的确能发生改变,这种行为的改变并不像别的外显行为需要任何强化,并且似乎也无需意识的努力,它好像是被一些内在的过程所控制。这个过程在过去不被我们所重视,实际上它是一个很基本的知觉变化过程,远比我们所知道的要复杂,研究者们称之为知觉学习。

1858年,Volkman^[1]首次发现,两点阈限的测量任务通过几个小时的练习后,测量出来的阈限可以下降一半。从那时起,知觉学习就开始被人注意。从20世纪20、30年代开始,Gibson和Gibson^[2]提出了影响很大的生态的知觉学习理论,从而使知觉学习变成了一个知觉领域研究中的重要课题。从20世纪90年代后,由于研究手段的更新,研究方法的突破,ERP和fMRI研究手段引进知觉领域的研究,有关知觉学习的研究就更加广泛、深入,尤其是在知觉学习的实质、知觉学习的特性以及知觉学习的机制等基本问题上都取得了重大进展。因为在国内这方面的研究开展较少,本文旨在根据笔者所收集的资料,对这方面的进展进行简单的概括,以供有关研究者参考。

1 有关知觉学习的实质

了解知觉学习的实质对进行知觉学习的研究是非常重要的基础,但对于知觉学习的实质,不同理论学派的观点可谓众说纷纭,远没有一个一致的答案。较早的时期,Gibson^[2-4]对知觉学习下了一个定义:知觉学习表现为从外界环境中提取信息的能力的提高,这种学习是被试的练习与生理成熟相互作用的结果。

20世纪90年代后,Karni和Sagi^[5]从神经生理的角度提出:知觉学习表现为神经器质

收稿日期:2001-05-10

上的可塑性。有的研究同时也证明,它不仅表现出器质上的可塑,而且也表现出认知功能上的可塑。它要求一些视网膜外的控制机制进行调节。在研究中,研究者们发现:在成年的哺乳类动物的皮层上,只有与行为有关的皮层才能通过训练而发生变化,别的皮层是不可能因为训练而发生功能上的变化。后来,研究者发现,只有知觉学习才能解释这种现象。所以,从这个角度认为,知觉学习是神经器质上的可塑性。

Ahissar^[6]从知觉学习发生的心理进程的角度上认为,知觉学习除了直接提取信息的能力提高外,还表现在提取信息的效率上的提高,也就是说知觉行为的改变和提高,不仅是从外界提取信息的能力提高,而且也可能是其行为决策机制的改变和提高。

Goldstone^[7]从个体知觉发展的角度出发,认为知觉学习涉及个体知觉系统相对长期的改变,这种改变是为了更加适应外界,但它本身并不是一种适应现象。知觉学习与适应、注意加工或策略改变等心理过程,最重要的区别在于两个方面:行为改变的原因不能完全归结为外界环境,更多的可能是自身的神经器质上的改变,知觉改变涉及到信息加工的早期阶段。知觉学习是发生在信息加工的早期,在知觉加工开始的以毫秒为单位的时间之内。

Sagi 和 Tanne^[8]从生理及神经的角度上认为,知觉学习涉及到脑中感觉表征的修正^[5],知觉学习不仅是提取不同刺激特性的能力提高的过程,而且是增加警觉、易化感觉加工的过程^[9]。尽管人们认为基本感觉区域的功能在成年人的皮层中已经确定,但大量的研究工作表明^[5,10]:即使是成年人,大脑皮层的基本感觉区域也是可塑的;动物实验^[11]还证明:感受野可以通过知觉学习而发生变化。单细胞放电记录技术^[12]也揭示了知觉学习可以改变知觉系统。

尽管知觉学习的实质还远未达到一个统一的认识,但综合起来,大部分研究同意这样的观点:知觉学习涉及到可以观察到的知觉行为的改变,它不仅表现在提取外界信息能力的提高,而且表现为较长时间上行为决策机制的改变和提高。它的生理神经基础是大脑基本感觉区域的功能上的可塑。

2 关于知觉学习的特性

从知觉学习的实质上可以看到,绝大多数研究者都是从自己的实验研究中提出自己对知觉学习的定义和看法的,因此总结知觉学习的特性,将知觉学习自身的过程和因素概括出来,有助于对知觉学习形成一个更为深刻的理解。由于知觉学习涉及到早期知觉行为的改变,因此知觉学习本身一定具有区别于其他学习的特点,但它又是一种学习,因此也遵循着一般学习的一些规则。

2.1 知觉学习遵循的一般学习规则

知觉学习可能涉及到刺激——反应(S-R)联结和/或对感觉系统中的S-R联结的觉察。Polat 和 Sagi^[13, 14]用屏蔽实验研究发现:在两种具有高对比度的屏蔽条件下,通过练习对不同信噪比的靶子的辨认,可以发现觉察 Gabor 信号的对比阈限下降了,并且这种下降只发生在对靶子方向进行屏蔽的条件下。实验结果还表明,学习发生在已经存在的两个系统内部,并且学习的过程遵循着系统之间的联结规则。他们对此结果的解释是:如果在很短的时间内,为完成一个任务,激活两个相邻的单元中的两个部分是很不符合认知经济规律的,

所以遵循认知经济规律,知觉学习必定是联合相邻单元中相异部分。当刺激再出现时,联结部分直接做出反应,因而行为水平上就会表现阈限下降,但这种联结要受到来自系统对特征区分水平的限制。这个研究证明:知觉学习遵循的是联结学习模型,由系统的等级水平来限制。这与其它类型的学习的规则模型是相同的。

2.2 知觉学习过程中的行为特性

2.2.1 知觉学习中反馈(feedback)的作用。

其它类型的学习中反馈的作用是很大的,而有关知觉学习的研究证明,反馈并不一定能对知觉学习的效果起作用。其它类型的学习,大多数是采用修正细节的注意模式。其学习本质是将由具体刺激所产生的内部反应模式与期望的模式(或记忆中的模式)相比较,从而修正其外界刺激与内部反应模式的联结关系,最后达到刺激反应的良好匹配,在其中,反馈就起到提示被试学习的结果、引导被试确定良好正确的联结关系的强化作用。但知觉学习中的研究结果证明,这种反馈对知觉学习没有帮助。

Shiu 和 Pashler 在 1992 年^[15]曾进行过 3 种条件下的学习曲线的比较:一次一次的反馈,一组一组的反馈和没有反馈。他们在前两组条件下没有发现学习的显著差异。在没有反馈的条件下,学习的提高也表现在不是组内的提高,而是组与组间的提高。Fahle 和 Edelman^[16]也发现,没有反馈的学习只比有反馈的学习略微慢一点,但并没有显著的差异。而在最近的研究中,Theeuwes 和 Kramer 等^[17]也发现在前注意视觉研究中,无论线索是否有效,反馈对练习辨认线段方向没有显著作用。

那么,该结果为什么会区别于其它类型的学习模式呢?在知觉学习中,有研究认为^[18],因为知觉学习的任务中,大多数刚开始的训练都会让被试感到非常困难。而当刺激由反应困难到能够被清楚反应时,被试本身就有一种反应正确的内在提示。这样一种内部反馈系统就会促进学习。这种过程能解释我们日常观察到的一种现象。被试常常通过训练而成功地完成一种以前几乎是不可能完成的工作^[8]。但在现在的对知觉学习中反馈作用的研究中,尚没有一致的观点来清楚说明其作用过程。

2.2.2 知觉学习的时间特性

知觉学习也是一种学习,因此它在时间上有两种特点。一种是学习发生的时间(是指一般的知觉学习需要多长时间才能完成),另一种是学习持续的时间(是指知觉学习的效果能保持多长时间)。不同任务间知觉学习发生和持续的时间差异非常大,可以有几秒到几个小时的变化。

Karni 和 Sagi^[18]认为,知觉学习至少涉及到两个过程。在质地分离(texture segmentation task)任务中,结果表明,刚开始时会出现一个很快的练习效果,接下来是一个比较慢的提高过程。他们发现,快的学习过程,被试是双眼迁移的,而慢的学习过程,被试是单眼依赖的,双眼中不能迁移。这种差异的存在,意味着学习是有两个不同的过程,快的过程大约在 2 至 3 小时,而慢的学习过程大约需要 10 个小时之上。

在 Fiorrentini 和 Berardi 的研究^[19]中也发现,在相位辨认(phase discrimination)中,被试经过 200 次训练就达到了一个很好的水平,并且能够双眼迁移;而 Karni 和 Tanne^[20]的研究也发现,在运动辨认中,学习特别慢,在 3 到 4 个阶段后才能达到显著提高,并且双眼

不能完全迁移。这些研究得出不同的结果,但都支持了学习涉及到两个过程的观点^[18]。并且快慢的时间也是因不同的任务而存在差异。

在 Karni 和 Sagi 的研究^[18]中,他们还发现,慢的学习过程中,阶段与阶段中的提高只能发生在至少间隔 6—8 个小时的两阶段中,因此他们认为,两阶段之间有一个巩固阶段(consolidation period)。巩固阶段可以发生在觉醒或睡眠的时候。当巩固时间在睡眠中时,其效果与快速眼动睡眠(REM 睡眠)阶段的综合有关^[18]。当快波睡眠被剥夺时,巩固阶段被限制,尽管正常的训练水平可以被保留,被试也不能表现出学习的效果;而慢波睡眠的剥夺对知觉学习的效果只有很少的影响。

知觉学习效果的持续时间也与任务有关:在质地分离的任务中学习保留时间可以达到 2—3 年^[18-20]。而在运动辨认中能保留 10 个星期^[15]。在相位辨认任务中能保持 6 个星期到 6 个月(部分保留)^[19]。

2.2.3 知觉学习的任务和材料

过去几十年中的研究表明:并不是所有的知觉任务都存在有学习效果,同时也不是所有简单的和复杂的材料都可以成为学习材料。从研究中可以看到,知觉学习涉及到许多的视觉任务,如立体视觉^[21],栅条觉察(gratings detection)^[22],超敏度(hyperacuity)^[23],位相辨认^[19],运动探测^[15],质地辨认^[5],搜索^[24]和模式辨认。有一些研究也表明知觉学习涉及到视野中的定位^[18, 21],方向的辨认^[21, 23, 24],空间频率和运动方向的探测^[15]。因为知觉学习涉及到的视觉任务非常简单,所以知觉学习的材料也是非常简单的视觉刺激。对于复杂的刺激,一般认为,都是分解为简单的刺激特征及简单特征之间的关系来加以学习的^[6]。

了解知觉学习的材料非常重要。因为区分其材料可以帮助了解在学习的背后反应的过程和学习发生的解剖位置。如学习方向辨认的研究^[6]中,结果发现,学习只对受过训练的方向辨认有用。这样学习只对某种方向辨认的特殊性表明,在学习发生的时间进程上,它不可能发生在只对某个方向起反应的视网膜细胞前,也即不可能早于基本视觉区(V1区)。

2.2.4 不同知觉学习的过程与水平

知觉学习并不是通过一个统一的过程而实现的:心理物理学家将对周边刺激的(peripheral)以及对某种刺激专门化的适应和更一般化的、策略性的适应区分开来,并且将知觉学习区分为慢的学习过程和快的学习过程;认知心理学家根据知觉学习的训练机制,将知觉学习区分为有反馈的学习和无反馈的学习。无反馈的学习被认为是内在的统计结构对环境提供的刺激进行操作的学习。在神经科学和跨文化的对知觉学习的研究中,知觉学习是作为一个领域而存在的^[7]。

在这些对知觉学习的不同分类中,也可以看到:知觉学习能被区分为不同水平,而不同水平的知觉学习依赖于任务的要求和材料的需要。Fahle 在他 1994 年的研究^[25]中提到,在栅条觉察任务中学习的结果和质地分离任务中学习的结果^[5, 18, 21]均表明,学习也许能发生在视觉模式再认中一个完全不同的水平。因为学习表现出不同的时间连续性(不仅仅是快和慢),它对某只眼睛的依赖也有着不同的程度(在两眼中迁移或不能迁移),并且它对一个巩固阶段或休息阶段的需要也是变化的。这些结果说明,知觉学习的不同水平是存在的,不可能只有一个水平。一些认知因素,如适应某种测量或了解测量的意图,也可能

起着一定的作用。Ahissar 提出一个知觉学习的流程过程^[6], 能将知觉学习分为三种等级水平不同的知觉学习。这种等级区分的知觉学习, 是依据材料而进行的, 为刺激特征水平的知觉学习, 刺激特征组合水平的知觉学习和记忆文本水平的知觉学习。

2.2.5 知觉学习的生理神经基础

尽管成人的初级感觉区域的功能是相对固定的, 但有相当多的研究说明, 成人的初级感觉区域是可塑的。在不同的感觉通道中存在这样的事实: 通过行为训练, 神经反应达到了长期的改变。Recanzone、Jenkins、Merzenich 以及他们的同事^[26, 27]的研究证明: 成年的猴子通过训练, 能产生皮层上的空间-时间表征 (spatio-temporal), 而通过听觉频率辨认训练, 能在初级听觉皮层中, 使表征相应频率的部位发生平行的、渐进的改变。单细胞放电记录和脑电也表明^[28], 几百次训练能产生脑电的改变。而在最近的研究中, Takeo 在 1998 年^[10]通过运用 fMRI, 还发现了在初级视觉皮层上知觉学习产生了 V1 区域的变化。

3 有关知觉学习的内在机制

通过对知觉学习的实质及特性的总结, 可以看到, 进行知觉学习最重要的是了解知觉学习的内在机制。所以只有总结了知觉学习的内在机制, 才能掌握影响知觉学习的因素。面对不同学派所提出的诸多影响知觉学习的过程和因素, 一些研究者开始将这些过程和因素整合起来, 以此来解释知觉学习的内在机制。遵循生态学观点对知觉学习进行研究的 Goldstone 总结了许多有关的研究后, 提出了 4 种机制, 以此来阐述知觉学习的内在活动过程。

3.1 意的权重

Goldstone 认为^[7], 知觉适应环境和任务的一个方法就是增加分配在重要的知觉维度和特征上的注意和减少在无关维度和特征上的注意。这两个方面可能是同时发生, 也可以是独立起作用。在这里, 维度是指的由许多特征组合起来的特性, 而特征是指某个特别的刺激元素。如“3 厘米”和“红”是一种特征, 而“长度”和“颜色”是一种维度。

在信息加工的不同阶段中注意都可能选择性地分配到其中重要的刺激上。研究动物学习和人类归类的研究者们已经描述, 注意选择往往向有利于解决问题的维度上转移, 或者向以前曾经有用的维度上移动, Lawrence 称这种过程为“获得区别性” (acquiring distinctiveness)。这种注意的改变, 本质上是知觉性的, 而不是由被试策略性的选择所造成的, 也即这种注意分配的变化, 本质上是由于知觉能力的变化, 而不是由于被试改变知觉的策略而发生的变化。有研究结果证明, 注意往往放大学习后的信息, 而当学习条件改变, 信息对被试没有帮助时, 结果也同样如此。在 Shiffrin^[29]的研究中, 当一个字母被持续作为觉察任务中的靶子以后突然变成干扰项 (一个应该被忽略的刺激), 研究结果表明, 这个字母依旧自动地吸引注意。而这种研究的变式^[30]的结果也发现, 以前被当作干扰项的材料比从未见过的材料反应要慢一些, 并且这种效果能持续两个星期以上^[31]。

对分组和归类的研究结果也支持了注意是知觉学习的重要机制, 并且有证据支持注意对知觉学习有着 3 种不同的作用: (1) 注意更多和更容易被分配到与类别和分组标准有关的维度上; (2) 而对不相关的维度注意分配是最少和最困难的; (3) 而对处于分类和分组边缘的相关性维度, 注意常常是选择性地分配到其中的部分维度上。

3.2 刺激材料的印记 (Imprinting)

知觉学习的第二个机制是对刺激材料的印记。通过印记, 知觉系统能发展专门对刺激或部分刺激反应的觉察器 (detector)。这种觉察器是通过对输入刺激的记忆痕迹裁剪而形成的, 能增强被试对刺激进行加工的速度、准确性以及流畅性。根据印记的对象不同, 我们可以分为不同水平的印记过程。

整体刺激的储存。也即整个刺激发生了印记。在这种条件下, 整个学习过程均变成了一个觉察器。用一个相似的比喻来解释, 大夫会对皮肤病的个案有印象。如果当他发现面前的病人与记忆中的个案相似时, 这种个案的印象就会易化他对新病人的判断。

在对知觉学习研究中, Logan^[32]就提出了一个这样的学习模型。他认为, 每次的学习都会导致被试对刺激形成内化的模式, 如同在木头上留下一个划痕, 重复的接触导致划痕的主要方向更清楚, 但每次划痕中略微不同的地方也会留下来。当遇到新的刺激时, 刺激的痕迹就会与所有的划痕相比较, 从中提取最相似的, 所以他认为, 知觉学习减少了刺激痕迹与所有划痕间匹配的计算过程。许多研究是支持他的观点。Tarr^[33]对被试识别三维物体进行研究, 在结果中他发现: 识别新的旋转刺激的时间是新刺激的角度与最接近的已见过的刺激角度的差的函数。还有其它研究也同样支持这种机制的存在。

特征的储存。也即印记只发生在刺激的部分特征上。如果刺激的部分特征在识别该刺激中特别重要, 常常独立变化, 知觉学习就会形成专门对那部分刺激反应的觉察器。Schyns 和 Rodet 在他们的研究^[34]中发现, 对一个刺激进行知觉学习后, 当新刺激与旧刺激在一个特征上相似时, 新刺激的识别速度加快, 但这种加快只发生在熟悉的特征上。一些计算模式和一些神经网络的研究结果都支持了这种机制的存在。

拓朴的储存。拓朴印记发生在更抽象的水平。当一个刺激的学习和另一个刺激的学习存在有相似性, 同时这种相似性能作为模式来进行训练时, 拓朴的印记就发生了。这种印记不是简单地发展独立的觉察器, 而是对空间组织的觉察器网络的形成。

Howells 曾经对此进行了很多的研究。一个典型的例子^[35]是: 在经过几千次实验后, 人们将一个特殊声调和一种红颜色联结起来。然后实验条件发生变化, 让被试去识别一种中性的白色。结果发现, 当声调出现时, 人们很明显地选择一个略微绿一点的白颜色。这种结果提示声调将红色替换成了一个被扩展的别的颜色。这种知觉学习涉及到发展刺激维度的结构上, 同时也超越了发展的维度。

3.3 分化性 (Differentiation)

知觉学习的另一个主要的机制是分化。通过分化, 知觉就变得越来越具有专门化。通过分化, 原来心理上融合的刺激变得分离了。一旦分离, 原有不分化的知觉间会产生辨别, 从而产生更精细的知觉学习。

这个机制最初是 Gibson^[2]提出。他主要的观点是知觉学习的注意机制就是分化。当然分化是发生在不同的层次上的。学习可能发生在整体刺激水平上的分化, Gibson 经典的例子如父母学会辨认其非常相似的同卵双胞胎, 他们因此发展了不同的客体表征; 学习也可能发生在维度或复杂刺激水平的分化。Lively^[36]对以日语为母语的被试进行研究, 研究他们对 /r/ 和 /l/ 分化的过程, 这两个语音在日语中是没有的。给被试听不同说话者说的句

子,如果说话者正确辨认了这两个语音,要求被试给予反馈。结果发现,这种方式让被试进行分化,比直接教他们读的次数要少。这就说明,被试知觉学习的过程就是对刺激的分化过程。而这种分化比直接重复的效果要好。有关知觉分化的研究在 Gibson 的早期已经进行过很多,在近十几年中有关类别学习(category learning)的研究结果都支持分化是知觉学习的一种重要机制。

3.4 组合性(Unitization)

组合性也是知觉学习的一个重要的机制。它是指单独的功能性单元的建构。当复杂的刺激被学习时,单独的功能性单元就会被激活,这样,原来要求几个部分探测的任务能通过探测一个简单单元而完成。这就是组合性机制起作用的过程。

有关组合性研究最典型的是 La Berge 的研究^[37]。在他的研究中他发现,当不熟悉的刺激随着联系而熟悉以后,常常出现的部分就会构成一个单独的功能性结构所加工。他的结论也得到了其它研究的支持。如 Shiffrin 等的研究^[29]就支持了这种功能性结构的存在。

从表面上看,组合性似乎与分化性相对立。在经验上最明显的矛盾是知觉学习通过组合性,创建了大的组块,而通过分化性,将刺激分化为明确不同的小的部分。这种不一致实际上是更抽象程度上的一致。两种机制都依赖于任务和刺激的要求。如果部分反应了变化的独立来源,或者部分是完全不同的,则刺激趋向于分化成小的维度,而如果部分常常同时发生,所有部分均表现出了相似反应,则刺激趋向于组合,这两种机制的最终目的就是建构任务要求的合适的表征。

研究知觉学习的机制是非常重要的,这对于了解知觉学习的内在活动规律,更进一步探讨知觉学习中的可塑性有非常重要的意义。许多研究者的研究都给四种机制的存在提供了实验证据和支持。

4 小结

以上介绍了近 10 年以来国外有关知觉学习的几个基本问题的研究进展。可以看到,在有关知觉学习的实质、知觉学习的机制以及知觉学习的特性等基本问题上,许多研究者均作出了很多的贡献,这些基本问题都已经得到了一些初步的回答。从理论趋势上看,现在理论上的思考和实验结果都越来越支持这样的观点:人的早期知觉过程是可塑的,人类的视觉是很具有智慧的,能够“解决问题”,学习只是使知觉的能力具有更适应的特点,其表达更具有灵活性。毫无疑问,这些研究的进展为以后的研究奠定了坚实的基础,并且越来越多的研究者正利用越来越完善的研究手段如脑电、核磁,在已有的实验基础上对知觉学习更细微的过程进行探讨。但从另一方面,我们也可以看到,关于知觉学习的研究基本上仍处于初步阶段,随着大脑可塑性的研究方向越来越重要,有关知觉学习的研究也日益变得非常重要,在有关知觉学习的更深层次的机制、知觉学习的理论,以及知觉学习的有效干预模式等发展问题,都有待于进一步探讨,尤其对我国进行的基础研究来说是如此的。知觉学习是直接与脑的活动和功能联系在一起的,国外对此的研究历史也不是很长,如果我们能开展进一步的研究,既能加深对知觉学习的理解,也能促使我们缩短与国外相应研究的差距。

参考文献

- [1] Ahissar M, Hochstein Sh. Perception Learning. In: Walsh V, Kulikowski J ed. Perceptual Constancy-Why things look as they do. Cambridge MA: Cambridge University Press, 1998. 455-498. 其中 Volkman A.W. Ueber den Einfluss der Uebung, see 476
- [2] Gibson E J. Improvement in Perceptual Judgments as a Function of Controlled Practice and Training. Psychological Bulletin, 1953, 50: 401-431
- [3] Gibson E J. Principles of Perceptual Learning and Development. New York: Appleton-Century-Crofts, 1969. 110-256
- [4] Gibson E J. An Odyssey in Learning and Perception. Cambridge MA: MIT Press, 1991. 156-179
- [5] Karni A, Sagi D. Where Practice Makes Perfect Texture Discrimination: Evidence for Primary Visual Cortex Plasticity. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, 1991, 88: 4966-4970
- [6] Ahissar M, Hochstein Sh. Perception Learning. In: Walsh V, Kulikowski J ed. Perceptual Constancy-Why things look as they do. Cambridge MA: Cambridge University Press, 1998. 455-498
- [7] Goldstone R L. Perceptual Learning. Annual Review of Psychology, 1998, 49: 585-612
- [8] Sagi D, Tanne D. Perceptual Learning. In: Squire LR, Kosslyn SM ed. Finding and current opinion in cognitive neuroscience. The MIT Press: London, 1998. 53-57
- [9] Wolford G, Marchack F, Hughes H. Practice Effects in Backward Masking. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1988, 14: 101-112
- [10] Takeo W, Harner A M, Miyauchi S. Task-Dependent Influences of Attention on the Activation of Human Primary Visual Cortex. Proceedings of the National Academy of Sciences of USA, 1998, 95: 11489-11492
- [11] van Essen D.C, DeYoe E A, OlavaRRia J F, Knierim J J, Fox J M et al. Neural Responses to Static and Moving Texture Patterns in Visual Cortex of the Macaque Monkey. In: Lam D M K, Gilbert C ed. Neural Mechanisms of visual perception. The Woodlands, Texas: Portfolio Publishing, 1989. 45-51
- [12] Rebenstein B S, Sagi D. Spatial Variability as a Limiting Factor in Texture Discrimination Tasks: Implications for Performance Asymmetries. Journal of Optics Society of American, 1990, 7: 1632-1643
- [13] Polat U, Sagi D. Lateral Interactions Between Spatial Channels: Suppression and Facilitation Revealed by Lateral Masking Experiments. Vision Research, 1993, 33: 993-997
- [14] Polat U, Sagi D. The Architecture of Perceptual Spatial Interactions. Vision Research, 1994, 34: 73-78
- [15] Shiu L P, Pashler H. Improvement in Line Orientation Discrimination is Retinally Local but Dependent on Cognitive Set. Perception and Psychophysics, 1992, 52: 582-588
- [16] Fahle M. Human Perceptual Learning: from Psychophysics to Electrophysiology. Perception, 1993, 22: 30
- [17] Theeuwes J, Kramer A F, Atchley P. Attentional Effects on Preattentive Vision: Spatial Precues Affect the Detection of Simple Features. Journal of Experimental Psychology: Human, Perception and Performance, 1999, 25: 341-347
- [18] Karni A, Sagi D. The Time Course of Learning a Visual Skill. Nature, 1993, 365: 250-252
- [19] Fiorrentini A, Berardi N. Learning in Grating Waveform Discrimination: Specificity for Orientation and Spatial Frequency. Vision Research. 1981, 21: 1149-1158
- [20] Karni Avi, Tanne D, Rubenstein B S, Askenasy J J, Sagi D. Dependence on REM Sleep of Overnight Improvement of a Perceptual Skill. Science, 1994, 265: 679-682
- [21] O' Toole A J, Kersten D J. Learning to See Random-Dot Stereograms, Perception, 1992, 21: 227-243

- [22]DE Valois K K. Spatial Frequency Adaptation can Enhance Contrast Sensitivity. *Vision Research*, 1977, 17: 1057-1065
- [23]Mekee S P, Westheimer G. Improvement in Vernier Acuity with Practice. *Perception Psychophysics*, 1978, 24: 258-262
- [24]Steinman S B. Serial and Parallel Search in Pattern Vision. *Perception*, 1987, 16: 389-398
- [25]Fahle M. Human Pattern Recognition: Parallel Processing and Perceptual learning. *Perception*, 1994, 23: 411-427
- [26]Recanzone G H, Jenkins W M, Hradek G H. Progressive Improvement in Discriminative Abilities in Adult Owl Monkeys Performing a Tactile Frequency Discrimination Task. *Journal of Neurophysiology*, 1992, 67: 1015-1030
- [27]Recanzone G H, Merzenich M M, Schreiner C E. Changes in the Distributed Temporal Response Properties of SI Cortical Neurons Reflect Improvements in Performance on a Temporally Based Tactile Discrimination Task. *Journal of Neurophysiology*, 1992, 67: 1071-1091
- [28]Engel S A, Rumelhart D E, Wandell B A. fMRI of Human Visual Cortex. *Nature*, 1994, 369: 525
- [29]Shiffrin R M, Schneider W. Controlled and Automatic Human Information Processing: II Perceptual Learning, Automatic Attending, and a General Theory. *Psychological Review*, 1977, 84: 127-190
- [30]Tipper S P. Selection for action: the role of inhibitory mechanisms: Current direction of Psychological Science, 1992, 1: 105-109
- [31]Fox E. Negative priming from ignored distractors in visual selection: A review. *Psychonomual Bulletin Review*, 1995, 2: 145-173
- [32]Logan G D, Stadler M A. Mechanisms of Performance Improvement in Consistent Mapping Memory Search: Automaticity or Strategy Shift? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1991, 17: 478-496
- [33]Tarr M J. Rotating objects to recognize them: a case study on the role of viewpoint dependency in the recognition of three-dimensional objects. *Psychological Bulletin Review*, 1995, 2: 55-82
- [34]Schyns P G, Rodet L. Categorization creates functional features. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 1997, 23: 681-696
- [35]Howells T H. The experimental developmental color-tone synesthesia. *Journal of Experimental Psychology: General*, 1994, 34: 87-103
- [36]Lively S E, Logan J S, Pisoni D B. Training Japanese listeners to indentify English /r/ and /l/. The role of phonetic environment and talker variability in learning new perceptual categories. *Journal of Acoustical Society of American*, 1993, 94: 1242-1255
- [37]La Berge D. Perceptual Learning and Attention. In Estes W.K. Eds. *Handbook of Learning and Cognitive Processes*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1976, 4: 237-273