

光栅朝向分辨学习中存在 关于 45° 对角线对称的镜像迁移*

陈小丽 曲 折 王 优 丁玉珑

(中山大学心理学系, 广州 510275)

摘 要 采用光栅朝向分辨任务来探讨视知觉学习中是否存在关于 45° 对角线对称的镜像迁移现象。训练被试分辨 15° 或 75° 朝向 3 或 5d, 每天约 1h, 训练前后测量 15°、75°、45° 朝向的分辨阈值。通过训练, 训练朝向 (15° 或 75°) 的阈值下降, 该学习效应没有迁移至 45° 朝向, 但基本迁移到关于 45° 对称的朝向 (75° 或 15°) 上。这提示, 视知觉学习可能发生在中间视皮层, 该皮层同时具有一定的朝向特异性和关于 45° 对角线对称的镜像迁移性。

关键词 视知觉学习; 光栅朝向分辨; 对角线; 镜像迁移

分类号 B842.2

1 前言

知觉学习指的是人们分辨基本维度 (朝向、对比度、位置等) 的能力可以通过练习得到提高的现象。这种学习效果可以保持较长的时间, 从而使得知觉学习区别于习惯化、敏感化、和启动等短暂改变行为的现象^[1]。其中, 视知觉学习是研究比较深入的领域。

近年来视知觉学习研究的一个热点问题是学习中的“刺激特异性和迁移性”, 即, 在训练刺激上的学习效果是否能迁移至其它未经过训练的刺激之上。对该问题的探讨可以揭示视知觉学习的内在神经机制。迄今已有大量行为实验发现, 许多简单知觉任务的视知觉学习具有高度的刺激朝向和位置特异性。例如, Crist 训练被试二等分任务 (bisection task)^[2], 判断位于中间的垂直线段比较接近左边还是右边的垂直线段。经过训练, 被试的分辨能力逐步提高, 且这种能力提高保持了三个月。但是当刺激的朝向由竖直变成水平时、或刺激的呈现位置改变时, 被试的分辨能力要么没有提高, 要么提高幅度比训练刺激的提高幅度小。Schoups 等人训练被试分辨光栅刺激的朝向^[3], 训练时光栅刺激为对角线朝向。经过训练, 被试在训练刺激上的分辨能力得

到提高, 但是当光栅刺激的朝向旋转 90° 时, 或光栅刺激的呈现位置改变时, 被试的朝向分辨能力回到了训练前的初始水平。根据大脑视觉信息的分层加工模型^[4], 在低级皮层, 比如 V1, 神经元对刺激的选择性强, 只对特定的朝向、位置反应; 而在高级皮层, 比如下颞叶皮层, 神经元对刺激的选择性弱, 对不同的朝向和位置都会反应。如果视知觉学习效果不能迁移到未经过训练的刺激朝向或位置上, 则提示学习可能发生在低级皮层; 如果视知觉学习效果可以迁移到未经过训练的其它刺激上, 则提示学习可能发生在高级皮层。这样, 之前关于视知觉学习的刺激朝向和位置特异性的研究提示了视知觉学习可能改变了低级大脑皮层 (甚至是 V1) 的活动。

在大量的关于“刺激特异性和迁移性”的研究中, 只有少数几个研究涉及到了关于垂直线对称的镜像迁移问题^[5~7]。例如, Ahissar 和 Hochstein 训练被试学习朝向的视觉搜索任务^[5], 被试的搜索能力通过训练得到提高。当目标和干扰刺激的朝向同时变成关于垂直线对称的朝向时, 学习效果大部分迁移, 而改变为其他方向时, 学习效果不能迁移。另外, 当目标刺激出现在与训练位置关于垂直线对称的位置上时, 学习效果大部分迁移, 而出现在其它位置上时, 学习效果不能迁移。这表明出现了关于垂

收稿日期: 2007-10-19

* 国家自然科学基金项目 (No. 30570605)、广东省哲学社会科学“十一五”规划项目 (No. 06SXQ002) 和中山大学 985 创新科技平台项目 (No. 2006-90015-3272210)。

通讯作者: 丁玉珑, E-mail: edsdy1@mail.sysu.edu.cn

直线对称的朝向和位置的镜像迁移现象。

与视知觉学习中存在镜像迁移现象类似,视知觉中存在镜像知觉现象,即人们可以迅速地、自发地,毫不费力地察觉到镜像对称的图形^[8,9,10]。已有研究发现^[11],对称轴的朝向会影响人们知觉镜像对称图形的能力,根据对称轴从高到低依次为:垂直朝向>水平朝向>接近垂直的朝向>对角线朝向>接近水平的朝向>其它倾斜角度的朝向。从中可以看出,相对于某些朝向(如除对角线以外的其它倾斜朝向)来说,以垂直朝向、水平朝向和对角线为对称轴的镜像对称图形比较容易被人们知觉。

在空间布局上,镜像迁移现象和镜像知觉都涉及了镜像对称机制,因此两者之间可能存在着一定的对应关系。然而,以往视知觉学习研究中报告的镜像迁移都是以垂直线为对称轴的。在视知觉学习中是否也存在关于45°对角线对称的镜像迁移现象呢?这正是本研究想探讨的问题。本研究采用光栅朝向分辨任务,训练被试分辨15°或75°朝向(两者关于45°对角线镜像对称),观察学习效果分别向镜像朝向(75°或15°)和45°朝向上的迁移情况。如果视知觉学习存在关于45°对角线对称的镜像迁移现象,那么训练朝向的学习效果应该可以迁移到与训练朝向关于45°对角线对称的镜像朝向上,而在非对称的45°朝向上则不应表现出迁移效果。

2 实验方法

2.1 被试

中山大学本科生11名(女性9名),年龄19~22岁。视力或矫正视力正常。均为右利手。均已在实验同意书上签名。实验结束获得一定的学分或报酬。

2.2 刺激和任务

实验在昏暗的房间里进行。显示器的刷新频率为85Hz。被试距离显示屏约100cm。刺激为亮度正弦变化的黑白圆形光栅(图1a),空间频率为2c/d。其中5个被试接触的光栅对比度为30%,直径为2.08°(刺激一),6个被试接触的光栅对比度为40%,直径为2.6°(刺激二)。光栅的相位在试验间随机变化。

一个试验的时间进程为(图1b):(1)注视点250ms;(2)空屏150ms;(3)参照刺激200ms;(4)空屏700ms;(5)测试刺激200ms;(6)空屏,被试做出反应后进入下一个试验,正确反应后有‘滴’的一声作为反馈。要求被试判断测试刺激的朝向相对于参

照刺激的朝向是顺时针还是逆时针旋转。被试用右手按键反应,食指按“1”键表示逆时针,中指或无名指按“3”键表示顺时针。在阈值测量时,要求被试尽量准确地反应;在训练时,为了防止训练时间过长而导致疲劳,要求被试在保证正确率的基础上尽快地反应。为确保每一次反应的可靠性,如果某次试验中被试没有看清楚刺激,可以按键重做该次试验。

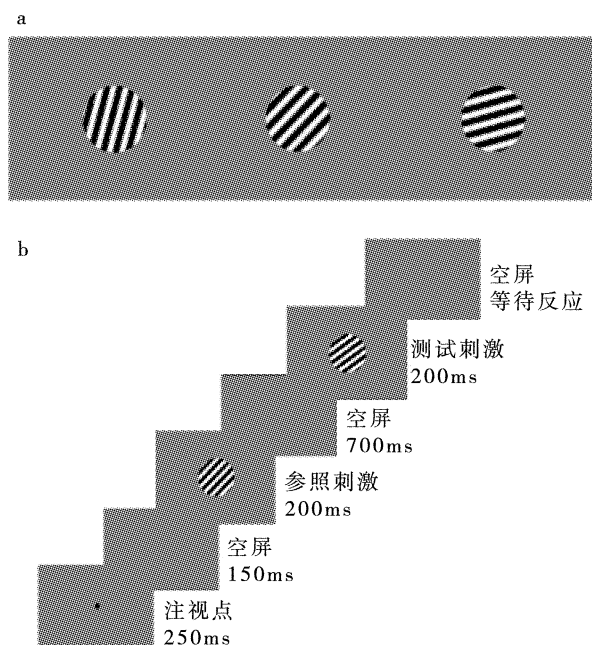


图1

a 实验中的参照刺激,从左到右光栅的朝向依次为75°、45°、15°;b 一个试验的时间进程

2.3 实验过程

实验第一天(前测)和最后一天(后测)分别对3种朝向(训练朝向、45°、镜像朝向)进行阈值测量;中间对训练朝向训练3d或5d,每天训练一次,每次训练约持续1h;全部的阈值测量和训练在10d内完成。

2.3.1 阈值测量 采用两上一下阶梯法测量^[12]。一次阈值测量包含30~50个试验。前测和后测中均测量了三种参照朝向(15°、45°、75°)的阈值。每种朝向都测试了3~4次,测试顺序随机排列。对于每种朝向,取最后两次阈值的算术平均值作为最终阈值。整个阈值测量过程持续30~40min。

2.3.2 训练 11名被试随机分成两组:训练15°或75°。最初的3名被试每天训练10个组块。训练程序仍为两上一下阶梯法,但是每个组块固定为100个试验,其它的参数设置和阈值测量时相同。每天的训练持续约1h。为了观察训练期间阈值变化的

情况,后来的 8 名被试每天训练结束后立即进行 3 次阈值测量,其中训练朝向重复测量 2 次,45° 朝向测 1 次;为了保证与之前 3 名被试每天接触训练刺激的试验次数和持续时间尽量一致,这 8 名被试每天训练的组块相应减少为 8 个。具体来说,训练 15° 的 6 名被试中,3 名被试训练刺激一(1 名每天训练后测量了阈值,2 名没有),3 名被试训练刺激二(每天训练后都测量了阈值);训练 75° 的 5 名被试中,2 名被试训练刺激一(1 名每天训练后测量了阈值,1 名没有),3 名被试训练刺激二(每天训练后都测量了阈值)。

3 结果

统计分析中,对于涉及了多个自变量、或涉及的变量有多个水平,采用重复测量方差分析,经 Greenhouse-Geisser 校正;对于特定两组的比较,采用配对 t 检验;对于一个组的分析,采用单样本 t 检验。

对于训练期间接受了阈值测试的 8 名被试,其平均学习曲线如图 2 所示。随着实验的进行,被试在训练朝向上的阈值有明显下降, $F(4, 28) = 7.51$, $p < 0.05$, $\text{power} = 0.88$, $\varepsilon = 0.50$;该学习效果主要发生在训练的前两天(训练第 2 天比前测: $p < 0.05$;后测比训练第 2 天: $p > 0.1$)。

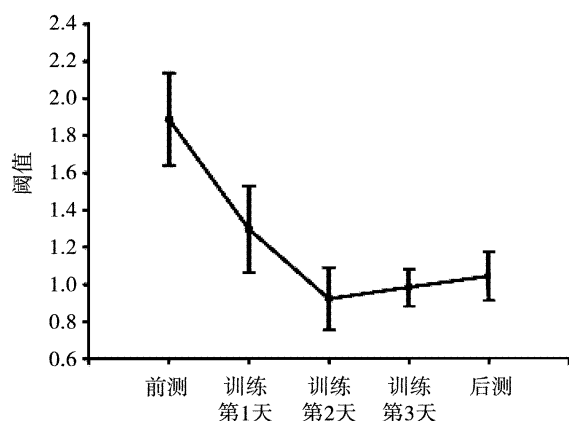


图 2 8 个被试在训练朝向上的平均学习曲线
error bar 为标准误。

在训练过程中,5 名被试接触刺激一,6 名被试接触刺激二;在每次训练后,8 名被试接受了阈值测试(即“每天训练 8 个组块 + 3 次阈值测试”),3 名被试没有(即“每天训练 10 个组块”)。为了观察“不同刺激”和“每次训练后是否进行阈值测试”是否会对学习和迁移效果造成影响,我们以阈值改变量(后测 - 前测)为因变量进行分析,结果发现:不

同刺激(刺激一或刺激二)和朝向(训练、镜像、45°)之间交互作用不显著, $F(2, 18) = 0.61$, $p > 0.1$, $\text{power} = 0.13$, $\varepsilon = 0.91$,说明不管刺激是哪种类型,三种朝向的阈值改变量之间的相对大小关系是一样的;同样的,每次训练之后是否进行阈值测试和朝向之间交互作用不显著, $F(2, 18) = 0.39$, $p > 0.1$, $\text{power} = 0.10$, $\varepsilon = 0.92$,说明不管在训练期间是否进行阈值测试(即每天训练 8 个还是 10 个组块),三种朝向的阈值改变量之间的相对大小关系是一样的。因为在分析学习效果和迁移效果时,主要比较三种朝向阈值改变量之间的相对大小关系,所以在以下的分析中没有考虑刺激不同和每次训练后是否进行阈值测试这两个因素。

三种朝向的前后测阈值如图 3a 所示。对阈值进行 3(朝向:训练、镜像、45°) $\times$ 2(测量时间:前测、后测)的重复测量方差分析。朝向和测量时间之间有显著的交互作用, $F(2, 20) = 4.57$, $p < 0.05$, $\text{power} = 0.63$, $\varepsilon = 0.79$ 。进一步用配对 t 检验分析发现:训练朝向的后测阈值比前测阈值低, $t(10) = 6.28$, $p < 0.001$, $\text{power} = 1.00$,说明训练导致了明显的学习效果;45° 朝向的前后测阈值没有显著变化, $t(10) = 0.40$, $p > 0.1$, $\text{power} = 0.065$,说明学习效果没有迁移到 45° 朝向上。镜像朝向的后测阈值比前测阈值低, $t(10) = 3.89$, $p < 0.05$, $\text{power} = 0.94$,说明在镜像朝向上存在学习效果的迁移。并且,训练朝向和镜像朝向的阈值下降量(前测 - 后测)分别为 0.960° 和 0.660°,两者之间没有显著差异, $t(10) = 1.20$, $p > 0.1$, $\text{power} = 0.19$,进一步说明学习效果基本迁移到了镜像朝向上。

一般来说,前测阈值越高,阈值下降的程度越大,即初始水平越低,改善的空间和可能性越大^[13]。本研究中,三种朝向的前测阈值有差异, $F(2, 20) = 4.03$, $p < 0.05$, $\text{power} = 0.62$, $\varepsilon = 0.91$ 。为了排除前测阈值差异的影响,我们采用标准化后的因变量——相对阈值下降量(((前测阈值 - 后测阈值)/前测阈值) $\times 100\%$)进行数据分析。图 3b 为三种朝向的阈值下降百分比。对相对阈值下降量进行单样本 t 检验:训练朝向显著不为 0, $t(10) = 9.18$, $p < 0.001$,说明有学习效果;45° 朝向和 0 没有差别, $t(10) = 0.29$, $p > 0.1$,说明学习效果没有迁移到 45° 朝向上;镜像朝向显著不为 0, $t(10) = 4.13$, $p < 0.05$,说明镜像朝向上存在学习效果的迁移;并且,训练朝向和镜像朝向的相对阈值下降量分别为 46.1% 和 31.2%,两者之间没有显著差别, $t(10) =$

1.63, $p > 0.1$, power = 0.31, 进一步说明学习效果基本迁移到了镜像朝向上。因此, 在使用相对阈值下降量作为因变量之后, 得到了与之前分析一致的结果: 学习效果基本迁移到了镜像朝向上, 而没有迁移到 45° 朝向上。

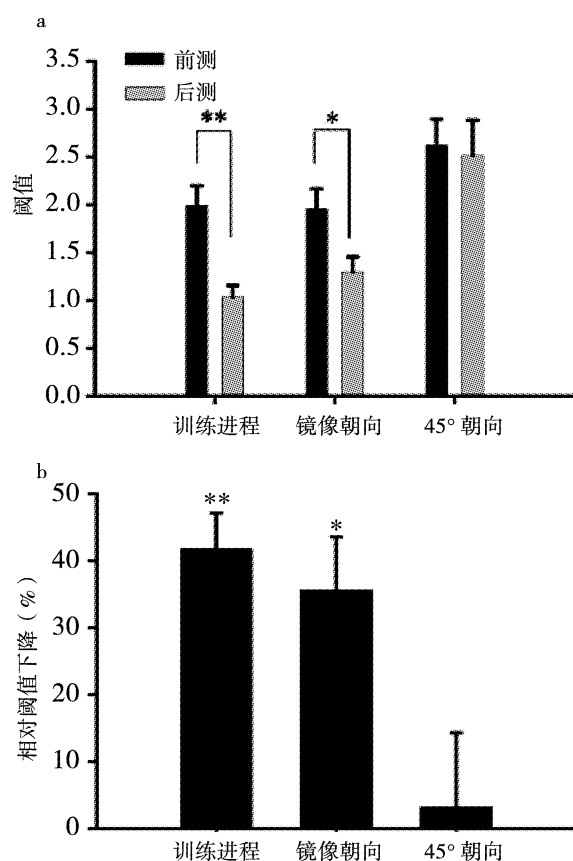


图 3

a 三种朝向的前后测阈值。b 三种朝向的相对阈值下降量。

注: * 表示 $p < 0.05$, ** 表示 $p < 0.01$ 。error bar 表示标准误。

4 讨论

本研究发现, 对成年被试进行光栅朝向分辨任务训练, 训练朝向 (15° 或 75°) 的学习效果基本迁移到了相差 60° 的镜像朝向 (75° 或 15°) 上, 而没有迁移到仅相差 30° 的 45° 朝向上。一般来说, 非训练刺激与训练刺激相差越大, 学习的迁移量越少。例如, Crist 等人训练被试学习二等分任务 (bisection task) [2], 训练期间刺激一直呈现在某一位置, 结果发现非训练位置距离训练位置越远, 迁移量越少。Fahle 训练被试学习游标视敏度任务 (vernier acuity task) [13], 训练刺激的朝向是竖直的, 之后把整个刺激旋转, 结果发现旋转的角度越大, 迁移量越少。然而本研究却发现了相反的结果, 这说明光栅朝向分

辨学习中存在关于 45° 对角线对称的镜像迁移现象。以往研究发现的视知觉学习镜像迁移现象都是关于垂直线对称的, 本研究进一步发现了关于 45° 对角线对称的镜像迁移现象, 这说明镜像迁移现象在视知觉学习中具有一定的普遍性。

在本研究中, 学习效果没有迁移到与训练朝向相差仅 30° 的 45° 上, 表现出了很强的朝向特异性。以往的研究也普遍发现光栅朝向分辨等简单任务的视知觉学习具有刺激特异性。由于只有较低级的大脑皮层才对基本的维度 (如朝向、位置) 具有精细的分辨能力 [4], 所以研究者们推测视知觉学习可能改变了非常低级的脑区的活动, 甚至可能改变了 V1 的活动。但是, 这种推论存在着一些问题。以朝向特异性为例。首先, 研究间的结果不一致, 虽然大部分研究发现知觉学习具有朝向特异性 [2, 3, 13~15], 但是还有少数则没有 [6, 7]。其次, 视觉加工系统并不具有十分严格的层次性, 比如在 V1, V2 和 V4 中都存在具有一定朝向特异性的神经元 [4], 所以朝向特异性不能绝对地说明视知觉学习改变的是 V1 的活动。最后, 采用光栅朝向分辨任务的猴子单细胞记录研究发现, V1 和 V2 的神经元活动变化不足以解释视知觉学习的朝向特异性 [16], 视知觉学习改变了 V4 神经元的反应, 而没有改变 V1 或 V2 的神经元活动 [17, 18]。因此对于本研究, 我们不能因为 30° 朝向特异性就推论出学习发生在很低级的皮层 (例如 V1)。

另一方面, 在本研究中, 学习效果基本迁移到了与训练朝向相差 60° 镜像朝向上, 进一步提示知觉学习不大可能发生在非常低级的皮层 (例如 V1)。首先, V1 中的朝向功能柱的偏好朝向是沿着皮层表面有规则变化的 [19], 偏好 15° 和 75° 的功能柱之间的距离, 应要大于它们分别和偏好 45° 的功能柱的距离。V1 中尚未发现有连接结构, 特异地连接偏好朝向互为镜像的功能柱; 虽然存在着局部和远距离水平连接结构, 使得偏好朝向不同的功能柱之间可以相互联系, 但是, 局部连接大多连接偏好朝向较为接近的功能柱, 远距离连接则分布比较平均 [20]。如果是 V1 的水平连接导致了知觉学习和迁移效果, 那么可以推测, 与训练朝向相差较小的朝向得到的迁移量比相差较大的朝向得到的迁移量多, 然而本研究结果恰恰与之相反。其次, 镜像迁移现象和镜像知觉都涉及了“镜像”机制, 因此两者涉及的神经基础也可能是相似的。在关于镜像知觉的神经机制研究中, Tyler 等人比较对称点和随机点引发的大

脑活动差异^[21],fMRI 扫描结果发现在 V1 和其它中央枕叶区(V2、V3、V3A、V4v)上的活动差异很小或者差异不一致,而在背外侧枕叶的活动差异很大。Sasaki 等人的 fMRI 研究也发现^[22],非对称随机点和对称随机点引发的活动在 V3A、V4、V7 和 LOC (lateral occipital cortex)上有差异,且差异强度与被试的镜像知觉程度呈显著相关,但在 V1 和 V2 上则没有发现有活动差异。这些结果表明,镜像知觉涉及到了一些较低级视皮层,这可能是镜像知觉为什么可以位于前注意阶段进行平行加工的神经基础^[9,10];但是,镜像知觉并没有涉及到最低级的 V1。因此相应的,镜像迁移现象的神经机制可能涉及低级视皮层中的稍微高级的视皮层,即中间视皮层。

前人关于垂直镜像对称的研究结果也支持视知觉学习可能发生在中间视皮层。Tanaka 等人用 Gabor 边侧遮蔽范式(Gabor lateral masking paradigm)来训练被试对目标 Gabor 刺激的觉察(detection)能力^[23],训练时刺激呈现在某一侧视野。短期学习后,学习效果没有迁移到对侧视野的镜像位置上。经过 5d 的棱镜适应,学习效果逐步迁移到了对侧视野的镜像位置上。空间上的对称是早期视觉皮层的特点,因此学习可能涉及了低级视皮层。训练位置和镜像位置之间间隔 3.2°,而在 V1 中不存在这么长距离的神经连接,因此这种镜像迁移依靠的可能是 V1 之上的低级视皮层(即中间视皮层)的神经元连接。

有研究表明,难度会影响特征搜索任务(pop-out search task)的学习和迁移效果及其机制^[24],本研究进一步观察了难度是否会对光栅朝向分辨任务的学习和迁移效果带来影响。前人研究发现,光栅的大小和对比度会影响光栅朝向分辨任务的难度^[25],因此本实验中设置了刺激一和刺激二这两种大小和对比度不同的光栅来调节难度。但统计分析发现,两种光栅刺激的学习和迁移效果都没有显著差异。对这种结果有两种可能的解释:一是难度对光栅朝向分辨任务的学习和迁移效果没有影响;二是难度对光栅朝向分辨任务的学习和迁移效果有影响,但是由于本研究所使用的两种刺激之间的难度差异不够大(对前测阈值的分析发现两者没有显著差异, $F(1,9) = 0.568, p = 0.470, power = 0.104$,所以没有在统计上发现这种影响。对于这个问题,需要今后研究深入探讨。

综上,本研究的结果提示,光栅朝向分辨的视知觉学习可能发生在中间视皮层,该部分视皮层同时

具有一定的朝向特异性和关于 45° 对角线对称的镜像迁移性。

5 结论

本研究训练被试分辨光栅的朝向,观察到了关于 45° 对角线对称的镜像迁移现象:学习效果基本迁移到与训练朝向相差 60° 的镜像朝向上,而没有迁移到与训练朝向仅相差 30° 的 45° 朝向上。这提示,该学习过程可能发生在同时具有一定的朝向特异性和关于 45° 对角线对称的迁移性的中间视皮层。

参 考 文 献

- 1 Fahle M. Perceptual learning: specificity versus generalization. *Current Opinion in Neurobiology*, 2005, 15(2): 154 ~ 160
- 2 Crist R E, Kapadia M K, Westheimer G, Gilbert C D. Perceptual Learning of Spatial Localization: Specificity for Orientation, Position, and Context. *Journal of Neurophysiology*, 1997, 78(6): 2889 ~ 2894
- 3 Schoups A A, Vogels R, Orban G A. Human perceptual learning in identifying the oblique orientation: retinotopy, orientation specificity and monocularly. *Journal of Physiology*, 1995, 483(3): 797 ~ 810
- 4 Desimone R, Ungerleider L G. Neural mechanisms of visual processing in monkeys. In: Boller F and Grafman J (eds). *Handbook of Neuropsychology*, vol. 2. Amsterdam: Elsevier; 1989, 267 ~ 299
- 5 Ahissar M, Hochstein S. Learning Pop-out Detection: Specificities to Stimulus Characteristics. *Vision Research* 1996, 36(21): 3487 ~ 3500
- 6 Dorais A, Sagi D. Contrast Masking Effects Change with Practice. *Vision Research*, 1997, 37(13): 1725 ~ 1733
- 7 Sowden P T, Rose D, Davies I R L. Perceptual learning of luminance contrast detection: specific for spatial frequency and retinal location but not orientation. *Vision Research*, 2002, 42(10): 1249 ~ 1258
- 8 Carmody D P, Nodine C F, Locher P J. Global detection of symmetry. *Perceptual and Motor Skills*, 1977, 45(3 Pt 2): 1267 ~ 1273
- 9 Wolfe J M, Friedman - Hill S R. On the role of symmetry in visual search. *Psychological Science*, 1992, 3(3): 194 ~ 198
- 10 Driver L, Baylis G C, Rafal R. Preserved figure-ground segregation and symmetry detection in visual neglect. *Nature*, 1992, 360: 73 ~ 75
- 11 Wagemans J, Van Gool L, dYdewalle G. Orientational effects and component processes in symmetry detection. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1992, 44A(3): 475 - 508
- 12 Leek M R. Adaptive procedures in psychophysical research. *Perception & Psychophysics*, 2001, 63(8): 1279 ~ 1292
- 13 Fahle M. Perceptual learning: a case for early selection. *Journal of*

- Vision, 2004, 4(10): 879 ~ 890
- 14 Schoups A, Vogels R, Qian N, Orban G. Practising orientation identification improves orientation coding in V1 neurons. *Nature*, 2001, 412(2): 549 ~ 553
 - 15 Schiltz C, Bodart J M, Dubois S, Dejardin S, Michel C, Roucoux, A., Crommelinck M, Orban G A. Neuronal Mechanisms of Perceptual Learning: Changes in Human Brain Activity with Training in Orientation Discrimination. *NeuroImage*, 1999, 9(17): 46 ~ 62
 - 16 Ghose G M, Yang T, Maunsell J H. Physiological correlates of perceptual learning in monkey V1 and V2. *Journal of Neurophysiology*, 2002, 87(4): 1867 ~ 1888
 - 17 Yang T, Maunsell John H R. The effect of perceptual learning on neuronal responses in monkey visual area V4. *The Journal of Neuroscience*, 2004, 24(7): 1617 ~ 1626
 - 18 Raiguel S, Vogels R, Mysore S G, Orban G A. Learning to see the difference specifically alters the most informative V4 neurons. *Journal of Neuroscience*, 2006, 26(24): 6589 ~ 6602
 - 19 Hubel D H, Wiesel T N. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. *The Journal of Physiology*, 1968, 195(1): 215 ~ 243
 - 20 Kisv rday Z F, T th E, Rausch M, Eysel U T. Orientation - specific Relationship Between Populations of Excitatory and Inhibitory Lateral Connections in the Visual Cortex of the Cat. *Cerebral Cortex*, 1997, 7(7): 605 ~ 618
 - 21 Tyler C W, Baseler H A, Kontsevich L L. Predominantly extra - retinotopic cortical response to pattern symmetry. *NeuroImage*, 2005, 24(2): 306 ~ 314
 - 22 Sasaki Y, Vanduffel W, Knutsen T, Tyler C, Roger T. Symmetry activates extrastriate visual cortex in human and nonhuman primates. *PNAS*, 2005, 102(8): 3159 ~ 3163
 - 23 Tanaka Y, Miyauchi S, Misaki M, Tashiro T. Mirror symmetrical transfer of perceptual learning by prism adaptation. *Vision Research*, 2007, 47(10): 1350 ~ 1361
 - 24 Ahissar M, Hochstein S. Task difficulty and the specificity of perceptual learning. *Nature*, 1997, 387(6631), 401 ~ 406
 - 25 Mareschal I, Shapley R M. Effects of contrast and size on orientation discrimination. *Vision Research*, 2004, 44(1): 57 ~ 67

Diagonal Mirror-Transfer in Perceptual Learning of Orientation Discrimination

CHEN Xiao-Li, QU Zhe, WANG You, DING Yu-Long

(*Department of Psychology, Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510275, China*)

Abstract

Adults' ability to discriminate some basic features can be improved through training, which is referred to as perceptual learning. During recent years, perceptual learning has been investigated extensively in various visual tasks. In particular, studies on visual perceptual learning have reported mirror-transfer symmetrical about the vertical line. The present study aims to further investigate whether mirror-transfer symmetrical about the 45 diagonal line exists.

The two-alternative forced-choice paradigm was applied to grating orientation discrimination task: two gratings of different orientations were presented successively, and subjects were required to decide whether the orientation of the second grating (test orientation) was clockwise or counterclockwise to that of the first one (reference orientation). There were three reference orientations, 15°, 45°, and 75° (15° and 75° are mirror orientations of each other about the 45° diagonal line). 11 subjects were trained with reference orientation of 15° or 75° for several days, and received threshold tests on all the three reference orientations both before and after the training. The two-up-one-down staircase procedure was adopted in threshold tests and training.

The results showed that the threshold of trained orientation declined substantially after training. Such learning effect did not transfer to the 45° orientation which was 30° away from the trained orientation, but almost completely transferred to the mirror orientation which was 60° away. These results indicated that mirror transfer symmetrical about the 45° diagonal line exists in visual perceptual learning of orientation discrimination.

Diagonal mirror-transfer found in the present study suggests that visual perceptual learning of grating orientation discrimination might involve the intermediate visual cortex, which is characterized by both orientation selectivity and diagonal mirror transferability.

Key words visual perceptual learning; orientation discrimination; diagonal; mirror transfer; symmetrical