

面孔知觉中特征、结构和整体加工策略的眼动研究^{*}

樊倩¹ 隋雪² 符永川¹

(¹延安大学教育科学学院, 延安 716099) (²辽宁师范大学心理学院, 心理发展与教育研究中心, 大连 116029)

摘要 考察面孔知觉中特征加工、结构加工和整体加工三种不同加工方式对应的眼动模式。实验1中, 将以特征信息为主的错乱面孔和以结构信息为主的模糊面孔作为线索刺激, 引发对测试面孔的特征加工和结构加工, 眼动分析表明: 特征加工表现为对面孔各特征内更长的凝视时间, 结构加工表现为对面孔各特征间高频的眼跳。实验2采用相同的研究范式, 将完整面孔、轻度错乱面孔和低水平模糊面孔作为线索刺激, 引发对测试面孔除特征加工和结构加工外的另一种加工方式——整体加工, 表现为注视点更多地落在测试面孔中央区的鼻子部位以扩大注视范围, 进而把握整张面孔信息。本研究揭示了三种不同面孔加工方式眼动模式的差异。

关键词 面孔知觉; 特征加工; 结构加工; 整体加工; 眼动

分类号 B842

1 引言

人类被认为是面孔识别的专家。虽然面孔间有很强的同质性, 但我们还是能够精准地识别出我们熟悉的面孔。对于我们熟悉的面孔, 即使是多年之后, 我们仍然能够识别出来(Bahrick, Bahrick, & Wittlinger, 1975), 但对于我们不熟悉的面孔, 这种识别就相对困难一些(Hancock, Bruce, & Burton, 2000)。有两种主要的假说都试图解释面孔识别的内部机制。面孔的整体说(the holistic approach)认为面孔是作为无差别的整体来存储的, 不须要对面孔各个部分进行清晰地表征(Tanaka & Farah, 1993; Farah, Tanaka, & Drain, 1995); 面孔的双编码理论(the dual-code view)认为面孔是基于特征信息和结构信息被加工的且这两种表征方式是被独立存储的(Cabeza & Kato, 2000; Sergent, 1984)。特征信息涉及面孔各部分精细的视觉信息, 比如嘴巴和鼻子的形状、瞳孔的颜色和脸部的轮廓。结构信息涉及特征间的空间关系, 比如两眼之间的距离、嘴巴和鼻子之间的距离。结构加工常常难以清晰地区别于整体加工。Bartlett, Searcy 和 Abdi (2003)认为, 结

构加工属于上位概念, 结构加工并不须要把握整张面孔的信息。对面孔上某两个特征间(如右眼与鼻子之间)距离的分析属于结构加工但不属于整体加工, 因为它涉及的是两个特征间空间关系的表征而非对整张面孔信息的把握。汪亚珉和黄雅梅(2011)认为, 整体加工可归结为结构加工的一个层次。

Tanaka 和 Farah (1993)的研究结果支持了整体说。他们发现面孔的各部分嵌入整张面孔时比孤立呈现时更加容易被识别, 因而认为面孔是作为整体被加工的, 不须要对面孔特征信息进行清晰地表征。其他支持整体说的研究发现面孔各特征实际上是被清晰地表征了, 只是没有完全进入注意监控并进行口头报告(Carey & Diamond, 1994), 或者说面孔各个部分的内部编码会受到其余特征信息的影响(Bruce & Humphreys, 1994)。这些研究结果都表明面孔各部分不是独立被存储的。

双编码理论得到来自行为学(Cabeza & Kato, 2000; Leder & Bruce, 1998; 郭建伟 等, 2010; Lobmaier & Mast, 2007, 2008; Searcy & Bartlett, 1996)和神经成像科学(Lobmaier, Klaver, Loenneker, Martin, & Mast, 2008; Rossion et al., 2000)研究的支

收稿日期: 2013-11-24

^{*} 教育部人文社科规划基金项目(12YJA190016), 辽宁省教育厅一般项目(w2011048)。

通讯作者: 隋雪, E-mail: suixue88@163.com

持。这些研究证实了面孔的特征信息和结构信息可被独立地加工和存储, 以此对激进的整体说提出挑战。Rossion 等人(2000)采用正电子发射断层扫描技术, 发现了大脑半球差异, 当被试专注于结构信息时, 大脑右侧梭状回被激活, 而当被试专注于特征信息时, 左侧相应脑区被激活, 这一研究结果支持了面孔加工中两条通路相互独立的论断。Lobmaier 等人(2008)的功能性磁共振成像研究也证实了在加工特征信息和结构信息时分别涉及到不同脑区的参与。

有一些实验采用错乱面孔和模糊面孔分别考察对特征信息和结构信息的加工, 以此来研究两种加工方式在面孔识别中独立的作用(Collishaw & Hole, 2000; Lobmaier & Mast, 2007, 2008; Schwaninger, Lobmaier, & Collishaw, 2002)。错乱面孔消除了空间结构信息却保留了详尽的特征信息, 而模糊面孔则保留了空间结构信息却干扰了特征信息的识别。Collishaw 和 Hole (2000)采用错乱面孔和模糊面孔来研究对不同熟悉度面孔的识别, 他们发现被试可利用特征信息和结构信息这两类信息对不熟悉面孔进行识别且识别的正确率大于随机水平。这一结果被进一步的研究所证实(Lobmaier & Mast, 2007; Schwaninger et al., 2002), 当人类在识别面孔时, 的确会有效地使用这两种加工策略中的任意一种。

各种整合的观点正是为了调和整体说和双编码理论某种程度上的对立而提出的(Cootes, Edward, & Taylor, 2001; Schwaninger, Wallraven, Cunningham, & Chiller-Glaus, 2006; Swets & Weng, 1996)。例如, Schwaninger 等人(2006)提出一个理论模型, 在这一模型中, 初级视觉区的神经网络负责从面孔刺激中提取特征信息和结构信息, 接着, 两种表征方式出现在同一识别单元中, 这样就形成了对面孔的整体表征。事实上, 无论是激进的整体说还是激进的双加工理论似乎都无法提供关于面孔识别机制的详尽的描述, 而计算机整合模型提出: 整体加工系统与特征-结构加工系统是共存的。

本研究在支持整合系统理论的基础上旨在进一步考察面孔识别中特征加工、结构加工和整体加工三种不同加工方式对应的眼动模式, 因为不同的眼动模式将预示着不同表征方式驱使下对重要面孔信息的搜索。虽然一些研究者探讨了熟悉面孔、变形面孔(Barton, Radcliffe, Cherkasova, Edelman, & Intriligator, 2006; 郭建伟 等, 2010)和倒置面孔

(Williams & Henderson, 2007; 郭建伟 等, 2010)的加工方式, 但对于在不同加工方式下的眼动模式我们却知之甚少。探索特征加工、结构加工和整体加工这三种表征方式是否对应着不同的眼动模式将有助于我们揭示不同加工策略如何作用于面孔识别。

2 实验 1

本实验期望通过操作线索面孔, 引发面孔的特征加工和结构加工, 从而考察两类不同加工方式对应的眼动模式。我们首先给被试呈现线索刺激, 即模糊面孔或错乱面孔, 接着呈现测试面孔即完整面孔, 被试判断测试面孔与线索面孔是否为同一个人的面孔。因为无论呈现哪种线索面孔, 测试面孔在两种线索面孔条件下都为完整面孔, 所以测试面孔眼动模式的差异可看做是由不同线索面孔所引发的, 而不同的眼动模式则预示着不同的面孔加工策略。相比早先的行为学和神经成像科学的研究, 眼动分析法可以很好地阐明对特征信息和结构信息的加工是否对应着特定的视觉搜索策略。若特征加工和结构加工采用不同的视觉搜索范式, 那么当线索刺激是错乱面孔时将会引发对随后出现的测试面孔更多局部加工模式, 这可以通过对特征信息的凝视时间变长而得以证实; 相反, 当线索刺激是模糊面孔时将会引发对随后出现的测试面孔更多综合加工模式, 表现为被试对特征信息的注视时间变短, 此外, 为了获取结构信息从而把握面孔整体布局信息, 被试对面孔上各特征之间将出现更多的眼跳次数, 我们称之为特征间眼跳。若特征信息和结构信息对信息搜索不产生影响, 那么无论将错乱面孔或是模糊面孔作为线索刺激, 测试面孔的眼动模式都不会有差异。

2.1 方法

2.1.1 被试

辽宁某高校 13 名在校生(男性被试 5 名, 女性被试 8 名, 年龄在 18~24 岁之间), 均为自愿参加, 所有被试视力或矫正视力正常, 实验前得到被试的知情同意且所有被试均未参加过类似实验。

2.1.2 实验仪器和材料

采用瑞典 Tobii 公司生产的 Tobii X120 眼动仪记录被试的眼动情况。在完全自然状态下追踪眼动, 双眼采集, 采样率为 120 Hz, 精确度为 0.5°, 漂移小于 0.3°, 被试在实验过程中可自由移动头部, 头动范围 30 cm × 22 cm × 30 cm。实验采用 E-prime

软件编程,呈现在17英寸的显示器上,屏幕分辨率为1024×768像素,刷新率为100 Hz。被试距离屏幕64cm。实验材料为20张模糊面孔图片、20张错乱面孔图片和40张完整面孔图片,这些面孔图片对被试来说都是陌生的,所有面孔图片都为黑色背景,图片大小为15 cm×15 cm,对应视角为13.4°×13.4°。图1中的左图和右图分别展示了一个完整面孔以及它的变式——模糊面孔和错乱面孔。完整面孔的表情均为中性,采用Photoshop图片处理软件截取椭圆形面孔以消除背景信息如头发和耳朵的干扰。模糊面孔是基于完整面孔制作出来的,首先对完整面孔进行“去色”处理,接着,使用高斯滤镜对面孔进行模糊处理。错乱面孔是采用椭圆形工具截取面孔上的眼睛、鼻子、嘴巴,然后将各部位打乱后重新放置。我们设计了不同版本的错乱面孔以确保同一特征能够出现在错乱面孔的不同位置,且不同版本的错乱面孔是随机呈现的,这样一来各特征出现的位置就是随机的。同一个体的面孔作为线索面孔即无论是错乱面孔还是模糊面孔只出现一次,测试阶段的完整面孔一半是与线索面孔相匹配的,另一半是作为干扰面孔出现的。

2.1.3 实验任务和程序

本实验采用2(线索面孔类型:模糊线索面孔和错乱线索面孔)×2(测试面孔类型:目标面孔和干扰面孔)两因素重复测量实验设计。实验开始之前先进行眼部校准。正式实验共40个试次,采用E-prime软件编程,每一个试次都遵循以下的步骤:(1)首先在屏幕中央呈现注视点,持续2 s;(2)接着呈现线索面孔即错乱面孔或模糊面孔,持续5 s;(3)随后呈现掩蔽刺激(白噪音),将被试的注视点固定在屏幕的中央,持续2 s,其目的是避免视觉后像的干扰;(4)最后呈现的是测试面孔即完整面孔,被试一旦做出反应,图片即刻消失,若被试未能做出任何反应,6 s之后图片将自动消失。实验任务是让被试判断呈现在测试阶段的完整面孔是否与先前呈现的错乱面孔或模糊面孔为同一个人的面孔,要

求被试通过按“F”键和“J”键既快又准地做出反应,对被试做出的反应不提供任何反馈。异同判断任务中两个按键代表的选项在被试间进行平衡。实验中有一半测试面孔(目标项)与线索面孔是同一个体的面孔,另一半测试面孔(干扰项)与线索面孔是不同个体的面孔。

2.1.4 数据分析

采用Tobii Studio软件分析眼动数据,记录注视和眼跳这两类眼运动的参数。注视点的计算是通过从凝视点中去除眼跳数据,小于100 ms的注视点被删除。面孔上的特征信息即眼睛、鼻子、嘴巴成为独立的兴趣区。除了各项眼动指标外,辨别力指标 d' 与反应时也作为分析的指标, d' 值等于击中率对应的Z分数与虚报率对应的Z分数之差。

2.2 结果与讨论

分别考察了两类线索面孔条件下测试面孔的眼动模式。位于不同兴趣区的两个连续注视点间的快速位移算作一次特征间眼跳,为了使特征间眼跳的个数具有可比性,我们对特征间眼跳的个数进行标准化,用它除以反应时。以特征间眼跳这项眼动指标为因变量,2(线索面孔类型:模糊线索面孔和错乱线索面孔)×2(测试面孔类型:目标面孔和干扰面孔)两因素重复测量方差分析结果表明:线索面孔类型主效应显著, $F(1,12) = 9.06, p < 0.05$,即同错乱线索面孔条件($M = 1.59, SD = 0.17$)相比,被试在模糊线索面孔条件下($M = 1.86, SD = 0.23$)对测试面孔表现出更多的特征间眼跳(见图2);测试面孔类型主效应不显著, $F(1,12) = 0.46, p = 0.510$;二者交互作用不显著, $F(1,12) = 0.37, p = 0.554$ 。

首次进入一个兴趣区之后,到跳出这一兴趣区之前所有连续的注视点相加就是这一兴趣区的凝视时间,特征内凝视时间是通过计算每张面孔上不同兴趣区的凝视时间的平均值得到的。以特征内凝视时间这项眼动指标为因变量,两因素重复测量方差分析结果表明:线索面孔类型主效应显著, $F(1,12) = 8.23, p < 0.05$,即同模糊线索面孔条件($M = 313$

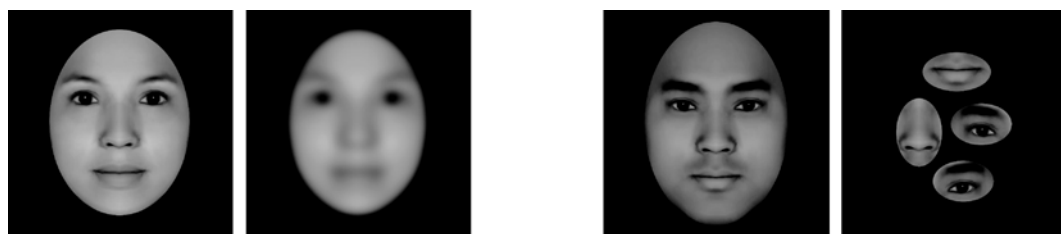


图1 完整面孔及其变形面孔:模糊面孔(左)和错乱面孔(右)

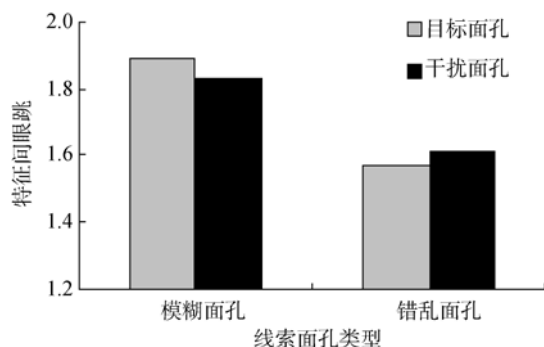


图2 标准化的平均特征间眼跳次数

ms, $SD = 67$ ms)相比, 被试在错乱线索面孔条件下 ($M = 330$ ms, $SD = 62$ ms)对测试面孔表现出更长的特征内凝视时间(见图 3); 测试面孔类型主效应不显著, $F(1,12) = 1.24$, $p = 0.287$; 二者交互作用不显著, $F(1,12) = 0.34$, $p = 0.571$ 。特征间眼跳与特征内凝视时间呈负相关($r = -0.312$, $p < 0.05$)。

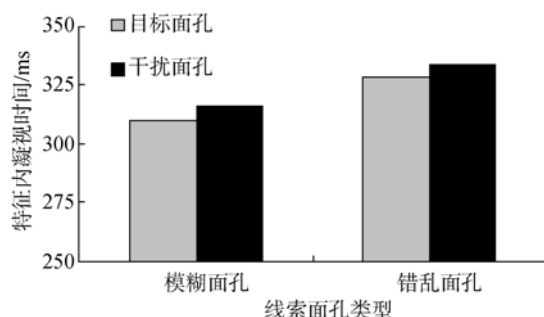


图3 平均特征内凝视时间

综合与局部的比率 (g/l) (Zangemeister, Sherman, & Stark, 1995)用 3° 的视角来区分综合与局部的眼动模式(本实验以图片上 4cm 的视角范围来区分综合与局部的眼动模式), 以这项眼动指标为因变量进行配对样本 t 检验, 结果表明: 同错乱线索面孔条件 ($M = 1.25$, $SD = 0.23$) 相比, 被试在模糊线索面孔条件下 ($M = 1.63$, $SD = 0.35$) g/l 更高 ($t = -2.65$, $p < 0.05$), 但 g/l 与特征间眼跳不相关 ($r = 0.063$, $p = 0.77$)。

此外, 对两类线索面孔眼动模式的分析并未发现二者在特征间眼跳这项眼动指标上的差异 $t(12) = -0.389$, $p = 0.704$, 但在凝视时间上, 模糊线索面孔 ($M = 557$ ms, $SD = 88$ ms) 比错乱线索面孔 ($M = 504$ ms, $SD = 76$ ms) 有更长的特征内凝视时间, $t(12) = -2.06$, $p = 0.062$ 。

错乱线索面孔条件下 d' 的平均值为 2.54, 模糊线索面孔条件下 d' 的平均值为 0.91。两种条件下面

孔识别的正确率都大于随机水平(模糊线索面孔: $t(12) = 5.62$, $p < 0.001$; 错乱线索面孔: $t(12) = 8.45$, $p < 0.001$)。配对样本 t 检验结果表明: 同模糊线索面孔条件相比, 被试在错乱线索面孔条件下对测试面孔识别的正确率更高 $t(12) = 6.76$, $p < 0.001$ 。以反应时为因变量, $2(\text{线索面孔类型: 模糊线索面孔和错乱线索面孔}) \times 2(\text{测试面孔类型: 目标面孔和干扰面孔})$ 两因素重复测量方差分析结果表明: 线索面孔类型主效应显著, $F(1,12) = 10.73$, $p < 0.01$, 同模糊线索面孔条件 ($M = 2451$ ms) 相比, 被试在错乱线索面孔条件下 ($M = 2301$ ms) 对测试面孔识别得更快; 测试面孔类型主效应不显著, $F(1,12) = 0.56$, $p = 0.469$; 二者交互作用不显著, $F(1,12) = 1.08$, $p = 0.319$ 。

本实验中, 我们发现了面孔的特征加工和结构加工分别对应着不同的眼动模式, 同错乱线索面孔条件相比, 模糊线索面孔条件引发了对测试面孔更多的特征间眼跳, 预示着对各特征间空间关系一系列地分析; 同模糊线索面孔条件相比, 错乱线索面孔条件引发了对测试面孔更长的特征内凝视时间, 预示着对细节信息的局部搜索模式。实验所呈现出的这两种面孔加工策略似乎是相互排斥的, 因为凝视时间与特征间眼跳这两项眼动指标呈负相关。

3 实验 2

实验 1 通过操纵线索面孔, 引发了面孔加工的两种不同的眼动策略, 本实验要考察的是当线索面孔的两类提示信息都可见时, 被试会在多大程度上运用这两种不同的加工策略? 本实验中线索面孔除了包括完整面孔, 我们还将与实验 1 中线索面孔相似的两种处理水平(特征水平和结构水平)引入到线索面孔中, 目的是考察同这两者相比, 完整面孔所引发的眼动模式有何不同。特征水平下, 面孔孤立的特征间维持面孔原始的空间关系, 结构条件下对面孔进行低水平模糊处理, 为了对低水平模糊面孔与轻度错乱面孔识别的难易度进行匹配, 我们预先让另一组被试测评实验材料, 使之相比实验 1 中的线索面孔较容易识别。事实上, 低水平模糊面孔和轻度错乱面孔是介于实验 1 中的模糊面孔和错乱面孔与完整面孔之间的中等强度的线索刺激。我们想了解这两种刺激强度被“弱化”的面孔在作为线索刺激时是否仍会影响被试面孔识别的眼动策略, 此外, 与这两种刺激条件相比, 完整面孔条件下被试的眼动策略又会有何不同。对于将完整面孔作为

线索刺激我们有以下几种预期:(1)完整面孔条件下对测试面孔的加工,或者更倾向于采用特征加工策略,或者更倾向于采用结构加工策略,即一种加工策略处于优势,另一种加工策略处于劣势;(2)两种加工策略不存在优势与劣势之分,使用的频率均等;(3)除了特征加工和结构加工策略外,还存在另一种全新的加工策略。

3.1 方法

3.1.1 被试

辽宁某高校另外 13 名在校生(男性被试 7 名,女性被试 6 名,年龄在 19~25 岁之间),均为自愿参加,所有被试视力或矫正视力正常,实验前得到被试的知情同意且所有被试均未参加过类似实验。

3.1.2 实验仪器和材料

实验仪器和数据的记录同实验 1。本实验采用 20 张低水平模糊面孔图片、20 张轻度错乱面孔图片和 80 张完整面孔图片,图 4 分别展示了一个完整面孔以及它的变式——轻度错乱面孔和低水平模糊面孔。完整面孔的处理方法同实验 1。轻度错乱面孔采用椭圆形工具截取面孔上的眼睛、鼻子、嘴巴,并在原有面孔的基础上做轻微的距离的改变,面孔各孤立的特征间仍维持面孔原始的空间关系(眼睛最上方,嘴巴在最下方,鼻子在眼睛和嘴巴中间)。低水平模糊面孔是通过与轻度错乱面孔在难易度上进行匹配制作出来的。

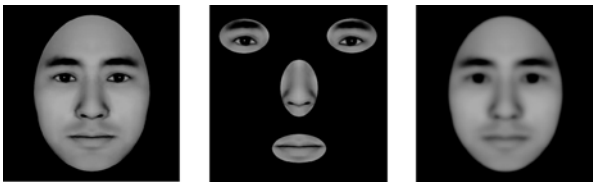


图 4 完整面孔(左)、轻度错乱面孔(中)和低水平模糊面孔(右)

3.1.3 实验任务、程序和数据分析

本实验包括两个组块:一个组块将低水平模糊面孔和轻度错乱面孔作为线索刺激,另一个组块将完整面孔作为线索刺激,之所以使它成为一个独立的组块是为了避免线索面孔和测试面孔的混淆。所有被试都必须完成这两个组块的实验任务,两个组块的呈现顺序在被试间进行平衡。实验任务、程序和指导语同实验 1,不同之处是将线索刺激的呈现时间由原来的 5s 变为 3s,我们认为缩短线索刺激呈现时间可以相应地增加任务难度,避免完整线索

面孔条件下可能会出现天花板效应。被试通过按键盘上“F”键和“J”键做出反应,按键所代表的选项在被试间进行平衡。

3.2 结果与讨论

分别考察了三类线索面孔即轻度错乱面孔、低水平模糊面孔和完整面孔所引导的测试面孔的眼动模式。与实验 1 相同,由于对测试面孔的反应时不同,须对特征间眼跳的个数进行标准化,用它除以反应时。以特征间眼跳这项眼动指标为因变量,3(线索面孔类型:低水平模糊面孔、轻度错乱面孔和完整面孔) $\times$ 2(测试面孔类型:目标面孔和干扰面孔)两因素重复测量方差分析结果表明:线索面孔类型主效应显著, $F(2,24) = 7.42, p < 0.01$,事后检验发现,同完整面孔条件($M = 1.38, SD = 0.36$)相比,被试在低水平模糊面孔条件下($M = 1.61, SD = 0.44$)对测试面孔表现出更多的特征间眼跳($p < 0.01$),而轻度错乱面孔条件($M = 1.56, SD = 0.18$)相比低水平模糊面孔条件($p = 0.976$)和完整面孔条件($p = 0.135$)对测试面孔的特征间眼跳差异都不显著(见图 5);测试面孔类型主效应不显著, $F(1,12) = 2.62, p = 0.131$;二者交互作用不显著, $F(2,24) = 1.53, p = 0.237$ 。

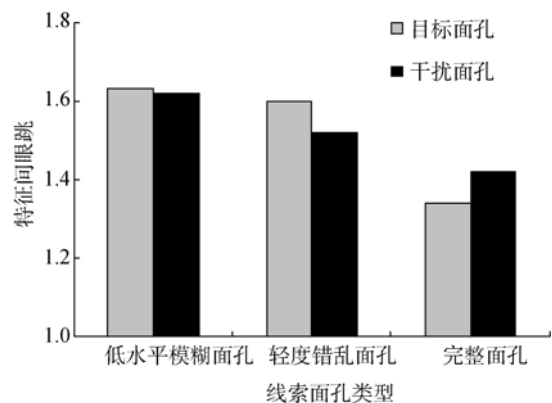


图 5 标准化的平均特征间眼跳次数

以特征内凝视时间这项眼动指标为因变量,3(兴趣区:眼睛、鼻子和嘴巴) $\times$ 3(线索面孔类型:低水平模糊面孔、轻度错乱面孔和完整面孔)两因素重复测量方差分析结果表明:线索面孔类型的主效应显著, $F(2,24) = 4.56, p < 0.05$,事后检验结果表明,同完整面孔条件($M = 300 \text{ ms}, SEM = 17.36$)相比,被试在轻度错乱面孔条件下($M = 335 \text{ ms}, SEM = 15.18$)对测试面孔表现出更长的特征内凝视时间($p < 0.05$),而低水平模糊面孔条件($M = 327 \text{ ms}$,

$SEM = 11.61$)相比轻度错乱面孔条件($p = 0.380$)和完整面孔条件($p = 0.127$)对测试面孔的特征内凝视时间差异都不显著;不同兴趣区的凝视时间差异显著, $F(2,24) = 6.79, p < 0.01$, 事后检验结果表明, 对鼻子的凝视时间($M = 384$ ms, $SEM = 11.97$)显著地长于对眼睛($M = 302$ ms, $SEM = 13.93$)和嘴巴($M = 277$ ms, $SEM = 6.76$)的凝视时间($p < 0.01$);二者交互作用显著, $F(4,48) = 5.40, p < 0.01$ (见图 6)。值得注意的是, 以鼻子的凝视时间为因变量, 单因素(线索面孔类型: 低水平模糊面孔、轻度错乱面孔和完整面孔)重复测量方差分析结果表明: 线索面孔类型主效应不显著, $F(2,24) = 0.53, p = 0.595$, 这说明在三类线索面孔条件下, 被试对鼻子区域的凝视时间相比其他兴趣区都长。

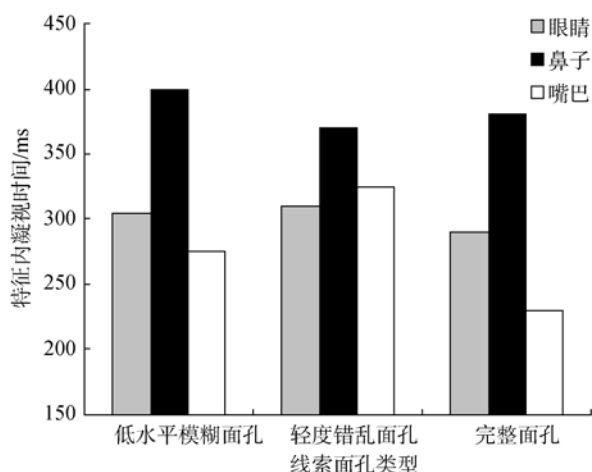


图 6 各兴趣区的平均特征内凝视时间

通过计算每一类线索面孔条件下不同兴趣区上注视时间(不考虑注视点的连续性)的百分数我们发现, 兴趣区的主效应显著, $F(2,24) = 12.47, p < 0.001$, 对嘴巴的注视时间百分数($M = 0.11, SEM = 0.01$)显著地低于眼睛($M = 0.43, SEM = 0.012$)和鼻子($M = 0.46, SEM = 0.01$) ($p < 0.001$); 兴趣区与线索面孔类型的交互作用显著, $F(4,48) = 6.46, p < 0.001$ 。事后检验结果表明, 同低水平模糊面孔($M = 0.45, SEM = 0.01$)和轻度错乱面孔条件($M = 0.41, SEM = 0.02$)相比, 被试在完整面孔条件下($M = 0.52, SEM = 0.020$)对鼻子的注视时间百分比更高($p < 0.001$), 同低水平模糊面孔($M = 0.1, SEM = 0.01$)和完整面孔条件($M = 0.08, SEM = 0.009$)相比, 被试在轻度错乱面孔条件下($M = 0.15, SEM = 0.02$)对嘴巴的注视时间百分比更高($p < 0.05$)。见图 7。

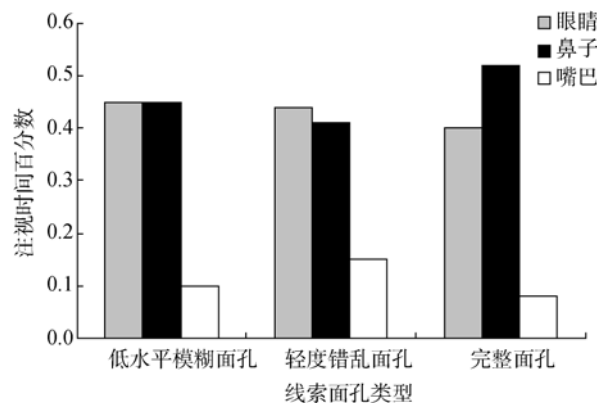


图 7 各兴趣区的平均注视时间百分数

低水平模糊面孔条件下 d' 的平均值为 2.01; 轻度错乱面孔条件下 d' 的平均值为 2.13; 完整面孔条件下两种条件下 d' 的平均值为 3.42。以正确率为因变量, 单因素(线索面孔类型: 低水平模糊面孔、轻度错乱面孔和完整面孔)重复测量方差分析结果表明: 线索面孔类型主效应显著, $F(2,24) = 22.73, p < 0.001$, 事后检验结果表明, 同轻度错乱面孔和低水平模糊面孔条件相比, 被试在完整面孔条件下对测试面孔识别的正确率更高($p < 0.001$); 轻度错乱面孔和低水平模糊面孔条件下面孔识别的正确率差异不显著($p = 0.98$)。

以反应时为因变量, 线索面孔类型主效应显著, $F(2,24) = 20.77, p < 0.001$, 同低水平模糊面孔条件($M = 1573$ ms)和轻度错乱面孔($M = 1545$ ms)条件相比, 被试在完整面孔条件下($M = 1134$ ms)对测试面孔的反应时更短($p < 0.001$), 轻度错乱面孔和低水平模糊面孔条件下对测试面孔的反应时差异不显著($p = 0.99$); 测试面孔类型主效应不显著, $F(1,12) = 0.87, p = 0.369$; 二者交互作用不显著, $F(2,24) = 0.28, p = 0.757$ 。

本实验中, 我们发现了面孔的整体加工对应的眼动模式。完整面孔条件相比低水平模糊面孔条件, 引发了对测试面孔各特征间更少的眼跳次数, 相比轻度错乱面孔条件, 引发了对测试面孔各特征(各个兴趣区)更短的凝视时间。分析各个兴趣区的凝视时间(连续的注视点)我们发现: 三类线索面孔条件下, 被试对测试面孔鼻子区域的凝视时间都更长且差异不显著, 这就说明鼻子区域的信息相比眼睛和嘴巴在三类线索面孔条件下都为优势信息。分析各个兴趣区注视时间(不考虑注视点的连续性)的百分数我们发现: 三类线索面孔条件下, 被试对测试面孔鼻子区域注视时间的百分数差异显著, 且在完

整面孔条件下,对测试面孔鼻子区域注视时间的百分数更高,这就说明,相比低水平模糊面孔和轻度错乱面孔条件,被试在完整面孔条件下大部分时间注视位于测试面孔中央区的鼻子部位,这是由完整面孔条件下对鼻子区域更多的回视引发的。我们认为之所以花更多的时间注视鼻子部位是因为将注视点对准面孔的中央区域可以增大注视范围,正是基于这种加工策略,被试不用转动眼球就可以捕捉整张面孔的信息。Weber, Schwarz, Kneifel, Treyer 和 Buck (2000)在其注意范式的研究中也发现了类似的眼动,这是一种综合的眼动策略,表现为极少注视点所引发的注视范围的扩大。为了区别于结构加工策略,本文中使用整体加工策略这一术语。王乾东、胡超和傅根跃(2013)在其面孔加工异族效应的眼动研究中,发现幼儿和成人均表现出对本族面孔以鼻子为中心的整体加工策略。

综上所述,本实验的结果表明当线索面孔的两类信息都可见时,会引发除特征加工和结构加工外的另一种加工策略——整体加工策略。相比两种被“弱化”的线索面孔,完整面孔条件引发了对测试面孔鼻子区域注视时间百分数的显著升高,这预示着一整体加工策略。整体加工策略在本文中被描述为将注视点更多地固定在面孔中央进而引发注视范围的扩大。此外,在完整面孔条件下,特征加工和结构加工也共同参与进来,事实上,同低水平模糊面孔条件相比,被试在完整面孔条件下对测试面孔的凝视时间没有明显地减少(平均凝视时间为300ms),而同轻度错乱面孔条件相比,被试在完整面孔条件下对测试面孔的特征间眼跳也没有显著地减少(平均特征间眼跳次数为1.38次/秒)。值得注意的是,两种被“弱化”的线索面孔引导的测试面孔无论在特征间眼跳还是特征内凝视时间这两项眼动指标上,差异都不显著,而只有在和完整面孔条件做比较的时候,才体现出二者之间的差异。

4 讨论

以上两个实验分析了特征加工、结构加工和整体加工策略,并探索了它们各自对应的眼动模式。实验1分析了特征和结构加工策略的眼动模式,实验2考察了当线索面孔的两类信息都可见时会采用什么样的加工策略。

4.1 各项眼动指标和行为指标与前人研究结果的异同

通过在实验1中诱导出两种不同的面孔加工策

略,我们为面孔的识别既可以基于特征信息又可以基于结构信息这一论断提供了来自眼动的证据,特征加工和结构加工显示出它们特有的眼动模式,这两种加工策略揭示了对于面孔这一类特殊的刺激,信息是如何被提取的。更长的特征内凝视时间会提取出更多的细节信息,而高频的特征间眼跳会提取出更多的空间信息。

有研究者采用不同的方法来分析综合和局部的眼动模式。Liechty, Pieters 和 Wedel (2003)假定局部的视觉注意以短距离的眼跳从特定的部位提取信息,而综合的视觉注意采用远距离的眼跳整合来自各个部位的信息。Zangemeister 等人(1995)发现了人们在观看抽象派绘画作品和现实派绘画作品时所表现出得综合扫描策略和局部扫描策略。他们计算出综合与局部的比率(g/l)进而分析不同的扫描策略。比率越高表明大幅度的眼跳次数越多即为典型的综合扫描策略, g/l 的计算是基于眼跳幅度,不考虑眼跳是发生在同一特征内部还是不同特征之间。因此,一些被认为是发生在局部的细微眼跳很可能作用于两个临近的特征之间,而一些幅度较大的眼跳也有可能作用于面孔的同一特征之上。而本研究中,在计算特征间眼跳时充分考虑到注视点的位置,明确区分出特征内眼跳和特征间眼跳,从而得到更加精确的数据。

对实验1或许会存在这样的质疑:被试对测试面孔的扫描模式似乎先前就设定好了(可以人为操纵),因为在模糊线索面孔条件下,被试对测试面孔的加工仅依赖结构信息;而在错乱线索面孔条件下,被试对测试面孔的加工仅依赖特征信息。有趣的是,在特征内注视时间和特征间眼跳次数这两项眼动指标上,错乱线索面孔和模糊线索面孔之间并没有显著差异,虽然这两类线索面孔给人的视觉感受很不一样;相反,由不同类型的线索面孔所引导的完整面孔,眼动模式却大相径庭。这说明了测试面孔的眼动模式并不是对线索面孔眼动模式简单地复制。Henderson, Williams 和 Falk (2005)的研究也发现让被试识别之前看过的面孔,被试并不会重复先前的眼动模式。他们在学习面孔阶段设定了两种注视条件,分别是自由注视和受限制注视,在随后的识别任务中,他们并未发现不同注视条件所引发的眼动模式的差异。综上所述,我们的研究结果表明不同的眼动模式是由不同的策略所导致的,而这种策略就是搜索相关的信息,而并非扫描面孔中所有可见的信息。

我们的研究结果与 Williams 和 Henderson (2007)的研究结果不一致,在他们的研究中,被试首先识记一组面孔,然后对出现在测试阶段的正立或倒立面孔进行识别。由于倒立面孔普遍被认为阻碍了面孔结构信息的加工(Leder & Bruce, 2000),因此在识别倒立面孔时更多地依赖对特征信息的加工。然而,结果却是正立面孔和倒立面孔所引发的眼动模式没有差异。对于 Williams 和 Henderson 的研究结果,我们至少可以提出两种解释。其一,Williams 和 Henderson 没有分析凝视时间和特征间眼跳,只是采用面孔不同区域的总注视时间和平均眼跳幅度来比较正立面孔和倒立面孔的眼动模式;其二,相比采用错乱面孔诱导特征加工策略,将面孔倒置或许会激活另一种形式的“特征加工策略”。事实上,在倒立面孔中,结构信息仍然存在(如面孔中特征间的距离)。一项有关反应分类的研究表明在面孔知觉中,倒立面孔的知觉并没有发生质的改变(Sekuler, Gaspar, Gold, & Bennet, 2004)。此外,Butler 和 Harvey (2005)认为在倒立面孔中也存在形式简单的结构加工。相比倒立面孔,错乱面孔消除了面孔上所有的结构信息,因此能诱导出更显著的特征加工策略。

本研究的结果与 Lobmaier 和 Mast (2007)的研究结果相一致:同模糊线索面孔条件相比,被试在错乱线索面孔条件下对完整面孔识别的正确率更高,速度更快。与之相反,另一些基于相同范式的研究支持模糊线索面孔条件下的识别优势。(Collishaw & Hole, 2000; Schwaninger et al., 2002)。对于这两类不同的研究结果,一种可能的解释是由于实验中所采用的不同的刺激材料所导致的。我们采用的面孔刺激,模糊水平较高,且剔除了面孔的外部特征(发际线,头的形状),这样做势必会增加面孔识别的难度(Lobmaier & Mast, 2007),另一种可能的解释是由于实验程序的不同而造成的。Collishaw 和 Hole (2000)在正式实验之前增加了一个学习阶段,这足以使被试建立起对陌生面孔结构信息的表征。值得注意的是,本研究中,在错乱线索面孔和模糊线索面孔条件下对面孔识别的正确率都大于随机水平。

之所以特征间眼跳和特征内凝视时间这两项眼动指标在目标面孔与干扰面孔间没有显著差异,我们可以做如下解释:线索刺激所诱导的面孔加工策略已深刻地影响到被试对随后的测试面孔的眼动模式,而不受测试面孔类型的影响。此外,还有

一种可能的解释是:任务相对较难,被试须对测试面孔即无论是目标面孔或是干扰面孔进行细致地加工。

4.2 不同加工方式下眼动模式的认知机制

实验2发现当线索面孔中的特征信息和结构信息都可见时,被试采用了除特征加工和结构加工策略以外的第三种加工策略。因为这种加工策略涉及对面孔各区域的同时编码,所以我们称其为整体加工策略,整体加工策略从人类进化的角度来讲有着重大的意义。特征加工策略和结构加工策略在针对具体任务时精确度较高,但它们都属于系列加工,所以是耗时的,而整体加工策略作用于面孔识别时通常只需1到2个注视点,属于并行加工,因而可以快速完成面孔识别任务。在完整线索面孔条件下,被试会同时使用这三种加工策略。单一整体加工策略是通过几个固定在面孔中央区域(鼻子部位)的注视点来掌握整张面孔的信息(Weber et al., 2000; 王乾东 等, 2013)。然而,我们的研究发现在完整线索面孔条件下,被试对测试面孔各个特征的凝视时间大约为300ms,特征间眼跳为1.38次/秒。这表明同轻度错乱面孔和低水平模糊面孔条件相比,被试在完整线索面孔条件下更少地运用特征加工策略和结构加工策略,但并非完全放弃使用这两种加工策略。正是这三种眼动策略的结合才使得被试在完整线索面孔条件下对面孔识别的正确率高于低水平模糊面孔和轻度错乱面孔条件。

4.3 概念的界定

学界普遍认为整体加工和结构加工这两个概念是相互关联的,Bartlett 等人(2003)认为结构加工属于上位概念因为它涵盖的范围更广。Maurer, LeGrand 和 Mondloch (2002)认为整体加工就是一种结构加工。他们都将整体加工定义为“将各特征粘合为格式塔”,即对面孔上各特征非细枝末节地分析和对面孔综合地表征。本研究寻找到区分这两个看似混淆的概念的途径,实验1诱导出以高频特征间眼跳整合各部位信息的结构加工策略,实验2又激活了以固定注视点把握整张面孔信息的整体加工策略。学界对综合加工策略这一概念的界定目前还比较含糊,有的将其界定为有着高频且大幅度的眼跳(Liechty et al., 2003; Zangemeister et al., 1995),有的将其界定为有着极少的眼跳(Weber et al., 2000),未来我们仍须更加清晰地界定这一概念。

5 结论

三种面孔加工策略即特征加工策略、结构加工

策略和整体加工策略共同作用于面孔识别,且表现出各自特有的眼动模式:特征加工表现为对面孔各特征内更长的凝视时间;结构加工表现为对面孔各特征间高频的眼跳;整体加工表现为将注视点固定在面孔中央区的鼻子部位以扩大注视范围。

参 考 文 献

- Bahrick, H. P., Bahrick, P. O., & Wittlinger, R. P. (1975). Fifty years of memory for names and faces: A cross-sectional approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104, 54–75.
- Bartlett, J. C., Searcy, J. H., & Abdi, H. (2003). What are the routes to face recognition. In M. A. Peterson & G. Rhodes (Eds.), *Perception of faces, objects and scenes: Analytic and holistic processes* (pp. 21–52). New York, America: Oxford University Press.
- Barton, J. J. S., Radcliffe, N., Cherkasova, M. V., Edelman, J., & Intriligator, J. M. (2006). Information processing during face recognition: The effects of familiarity, inversion, and morphing on scanning fixations. *Perception*, 35(8), 1089–1105.
- Bruce, V., & Humphreys, G. W. (1994). Recognizing objects and faces. *Visual Cognition*, 1, 141–180.
- Butler, S. H., & Harvey, M. (2005). Does inversion abolish the left chimeric face processing advantage? *NeuroReport*, 16(18), 1991–1993.
- Cabeza, R., & Kato, T. (2000). Features are also important: Contributions of featural and configural processing to face recognition. *Psychological Science*, 11(5), 429–433.
- Carey, S., & Diamond, R. (1994). Are faces perceived as configurations more by adults than by children? *Visual Cognition*, 1, 253–274.
- Collishaw, S. M., & Hole, G. J. (2000). Featural and configurational processes in the recognition of faces of different familiarity. *Perception*, 29(8), 893–909.
- Cootes, T., Edward, G., & Taylor, C. (2001). Active appearance models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 23(6), 681–685.
- Farah, M. J., Tanaka, J. W., & Drain, H. M. (1995). What causes the face inversion effect? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 21(3), 628–634.
- Guo, J. W., Hu, F. P., Su, X. H., Wang, D. M., Wang, X., & Ge, L. Z. (2010). The relation of configural and feature face information under the condition of holistic process. *Acta Psychologica Sinica*, 42(3), 352–359.
- [郭建伟, 胡凤培, 苏晓华, 王笃明, 王曦, 葛列众. (2010). 整体加工方式下面孔结构与特征关系. *心理学报*, 42(3), 352–359.]
- Hancock, P. J. B., Bruce, V., & Burton, A. M. (2000). Recognition of unfamiliar faces. *Trends in Cognitive Sciences*, 4(9), 330–337.
- Henderson, J. M., Williams, C. C., & Falk, R. J. (2005). Eye movements are functional during face learning. *Memory & Cognition*, 33(1), 98–106.
- Leder, H., & Bruce, V. (1998). Local and relational aspects of face distinctiveness. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 51(3), 449–473.
- Leder, H., & Bruce, V. (2000). When inverted faces are recognized: The role of configural information in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 53(2), 513–536.
- Liechty, J., Pieters, R., & Wedel, M. (2003). Global and local covert visual attention: Evidence from a Bayesian hidden Markov mode. *Psychometrika*, 68(4), 519–541.
- Lobmaier, J. S., Klaver, P., Loenneker, T., Martin, E., & Mast, F. W. (2008). Featural and configural face processing strategies: Evidence from a functional magnetic resonance imaging study. *NeuroReport*, 19(3), 287–291.
- Lobmaier, J. S., & Mast, F. W. (2007). Perception of novel faces: The parts have it! *Perception*, 36(11), 1660–1673.
- Lobmaier, J. S., & Mast, F. W. (2008). Face imagery is based on featural representations. *Experimental Psychology*, 55(1), 47–53.
- Maurer, D., LeGrand, R., & Mondloch, C. J. (2002). The many faces of configural processing. *Trends in Cognitive Sciences*, 6(6), 255–260.
- Rossion, B., Dricot, L., Devolder, A., Bodart, J.-M., Crommelinck, M., de Gelder B., & Zoontjes, R. (2000). Hemispheric asymmetries for whole-based and part-based face processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(5), 793–802.
- Schwaninger, A., Lobmaier, J. S., & Collishaw, S. M. (2002). Role of featural and configural information in familiar and unfamiliar face recognition. *Lecture Notes in Computer Science*, 2525, 643–650.
- Schwaninger, A. C., Wallraven, C., Cunningham, D. W., & Chiller-Glaus, S. (2006). Processing of identity and emotion in faces: A psychophysical, physiological and computational perspective. *Progress in Brain Research*, 156, 321–343.
- Searcy, J. H., & Bartlett, J. C. (1996). Inversion and processing of component and spatial-relational information in faces. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(4), 904–915.
- Sekuler, A. B., Gaspar, C. M., Gold, J. M., & Bennet, P. J. (2004). Inversion leads to quantitative, not qualitative, changes in face perception. *Current Biology*, 14(5), 391–396.
- Sergent, J. (1984). An investigation into component and configural processes underlying face perception. *British Journal of Psychology*, 75(2), 221–242.
- Swets, D., & Weng, J. (1996). Using discriminant eigenfeatures for image retrieval. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 18(8), 831–836.
- Tanaka, J. W., & Farah, M. J. (1993). Parts and wholes in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology A*, 46(2), 225–245.
- Wang, Q. D., Hu, C., & Fu, G. Y. (2013). An eye-tracking research on the other race effect during face processing in preschool children. *Acta Psychologica Sinica*, 45(2), 169–178.
- [王乾东, 胡超, 傅根跃. (2013). 幼儿面孔加工异族效应的眼动研究. *心理学报*, 45(2), 169–178.]
- Wang, Y. M., & Huang, Y. M. (2011). The role of configural and featural processing in face recognition. *Advances in Psychological Science*, 19(8), 1126–1137.
- [汪亚珉, 黄雅梅. (2011). 面孔识别中的构形加工与特征加工. *心理科学进展*, 19(8), 1126–1137.]
- Weber, B., Schwarz, U., Kneifel, S., Treyer, V., & Buck, A. (2000). Hierarchical visual processing is dependent on the oculomotor system. *NeuroReport*, 11(2), 241–247.
- Williams, C. C., & Henderson, J. M. (2007). The face

inversion effect is not a consequence of aberrant eye movements. *Memory & Cognition*, 35(8), 1977–1985.
Zangemeister, W. H., Sherman, K., & Stark, L. (1995).

Evidence for a global scanpath strategy in viewing abstract compared with realistic images. *Neuropsychologia*, 33(8), 1009–1025.

An Eye-tracking Research on Featural, Configural and Holistic Processing Strategies in Face Perception

FAN Qian¹; SUI Xue²; FU Yongchuan¹

(¹ School of Education Science, Yan'an University, Yan'an 716099, China)

(² Research Center of Psychological Development and Education, School of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract

There were two main hypotheses attempting to explain the mechanisms of face perception. One was the holistic approach which claimed that faces were stored as relatively undifferentiated wholes, without explicitly representing the facial parts. The other was the dual-code view which claimed that faces were processed on the basis of featural and configural information and that the respective representations were stored in isolation. Indeed, neither of the two approaches could provide a detailed explanation of the mechanisms of face perception. Therefore integrated approaches were proposed. The present study in favor of these integrated systems aims at exploring featural, configural and holistic strategies during face perception. The presence of different eye movement patterns would imply how important information is extracted from facial stimuli.

In the two experiments we explored the scanning behavior during face perception. In experiment 1, modified faces with primarily featural (scrambled faces) or configural (blurred faces) information were used as cue stimuli so as to manipulate the way participants processed intact faces which were presented soon afterwards. In a series of matching-to-sample tasks, participants decided whether the identity of an intact test face matched a precedent scrambled or blurred cue face. Analysis of eye movements for test faces showed more interfeatural saccades when preceded by blurred faces, and longer gaze duration within the same feature when preceded by scrambled faces. In experiment 2, a similar paradigm was used except that test faces were cued by intact faces, low-level blurred faces, or slightly scrambled faces. The results suggested that in the intact condition participants performed fewer interfeatural saccades than in low-level blurred condition and had shorter gaze duration than in slightly scrambled condition. Moreover, a few fixations in the center of the face were performed to grasp the information from the whole face. The results suggest a differentiation between featural, configural, and holistic processing strategies, which can be associated with specific patterns of eye movements.

By inducing different processing strategies in experiment 1, we provided further evidence that faces can be recognized on the basis of both featural and configural information. In experiment 2 a holistic strategy characterized by the grasp of the whole face was applied, while in experiment 1 a configural strategy was adopted when the information from different locations was integrated by performing a high number of saccades between different features. In conclusion, the present study shows that three modes of face processing strategies coexist in face perception.

Key words face perception; featural processing; configural processing; holistic processing; eye movement