

面孔加工的认知神经科学研究：回顾与展望*

徐 岩 张亚旭 周晓林

(北京大学心理系, 北京 100871)

摘 要 面孔加工的认知神经科学研究中的核心问题是, 是否存在功能和神经机制上独立的面孔加工模块以及面孔加工系统的组织形式。使用电生理、脑成像以及对脑损伤病人进行神经心理学检查等手段, 研究者已经找到选择性地对面孔反应的脑区, 即梭状回面孔区 (FFA)。文章从面孔加工系统的特异性与多成分性以及面孔识别模型等方面, 系统回顾了该领域的主要研究成果。文章最后还简单展望了今后的研究方向。

关键词 面孔加工, 梭状回面孔区 (FFA), 视觉认知, 认知神经科学。

分类号 B842.2

人类在识别人的面孔方面, 具有很高的技能。例如, 即使缺乏外在的性别线索, 也能熟练地判断面孔的性别。在理解面部表情方面, 人类也具有很高的技能。那么, 面孔加工系统究竟如何组织, 使得人类具有如此复杂、高效的面孔识别技能?

几乎没人否认面孔刺激的特殊性。问题是, 是否存在一个特异性的面孔认知和/或神经模块, 它区别于一般物体辨别, 只负责面孔刺激的加工。从一副面孔中, 我们能够抽取大量信息, 包括年龄、性别、注视方向, 甚至是心情。面孔中所蕴含的如此丰富的信息, 是否要求一个由诸多成分构成的面孔加工系统^[1, 2]? 这些成分是否特异性地分别负责加工不同类型的信息? 对上述问题的探讨有助于检验在多大程度上, 视觉认知依赖领域特异性的加工机制。

近年来, 研究者采用单细胞记录、事件相关电位 (ERPs)、正电子发射断层摄影术 (PET)、功能性磁共振成像 (fMRI)、皮层微刺激以及脑损伤病人行为研究等多种认知神经科学技术, 对面孔加工是否由特异性的神经机制所完成, 面孔加工系统是否包含多重的特异性的成分等问题, 作了深入的探讨。为解释面孔识别, 研究者不仅提出了认知模型^[1], 还提出了神经模型^[2]。本文系统回顾这方面工作, 并简要展望将来的研究方向。

1 面孔加工系统的特异性

1.1 面孔识别和物体识别在神经机制上的分离

有关面孔加工系统特异性的较早的证据, 来自脑损伤病人所表现出的特异性的面孔失认 (prosopagnosia)。这是一种同腹侧颞枕皮层损伤 (通常双侧, 少数为右侧) 相联系的、惊人的面孔加工紊

收稿日期: 2002-03-18

* 本研究得到国家攀登计划 (批准号: 95-专-09)、国家自然科学基金 (30070260)、教育部博士点基金 (99000127)、科学技术重点项目基金 (01002)、高等学校骨干教师基金和中国博士后科学基金会的资助。

乱。病人通常不能识别任何熟悉的面孔,甚至不能识别镜子中自己的面孔。这种失认具有极端的特异性,即只是在识别人的面孔方面有问题。例如,McNeil 和 Warrington 的病人,虽然不能识别人的面孔,但能识别汽车或自己农场里动物的面孔^[3]。视觉复杂度并不能说明病人的表现。例如,病人 WJ 尽管对人的面孔严重失认,但能识别其它视觉复杂度高且容易混淆的刺激,如羊的面孔。最近在发展性面孔失认病人身上所进行的 ERP 研究发现,病人尽管对面孔的 N170 反应严重减小,但对各种非面孔范畴的范畴内辨别没有困难^[4,5]。这一发现实际上进一步验证了面孔失认病人行为研究的结果。

关于存在面孔和一般物体识别 2 个独立功能模块的最有力的证据,来自脑损伤病人功能的双重分离。例如,当面对一副由许多物体所组成的面孔时,面孔失认病人虽然可以一一辨认出各个物体,却不知整个刺激实际上是一副面孔,而单纯物体失认病人虽然能看出整个刺激是一副面孔,但不能识别构成该面孔的各个物体^[6]。

使用 PET 和 fMRI 等脑成像技术所进行的研究,为面孔特异性的神经机制提供了更为直观的证据。这些研究发现,面孔和物体识别所激活的脑区不同。同识别一般物体相比,识别面孔时,大脑梭状回的激活程度更高^[7,8]。研究者将该区域称作梭状回面孔区(fusiform face area,简称 FFA),认为它专门负责面孔识别^[7,8]。然而,也有功能成像研究表明,对面孔有最大反应的面孔反应脑区,对其它物体范畴也有显著的反应^[9]。特别是位于外侧梭状回和颞上沟的面孔反应脑区,对动物也有很强的反应^[10]。事实上,对动物的最大反应位于面孔反应脑区,即便是在遮蔽了动物的面孔时也是如此。这些结果表明,如果人类面孔反应区中包含专门对面孔反应的神经元,那么,这些神经元很可能混杂在对其它物体(特别是动物)的属性进行反应的神经元中。

面孔识别与一般物体识别在功能上以及在神经组织上的分离,是否出生伊始就已由基因编码所决定,而视觉经验并不起作用?最近,Farah 等人的病人 Adam 所提供的证据表明,存在先天的面孔特异性的神经机制,即使有充足的机会和时间,其功能也不能由其它神经结构来履行^[11]。Adam 是一名 16 岁的男孩,出生一天时双侧枕叶和颞枕区梗塞,造成后来严重的面孔失认。他对物体的识别好于对面孔的识别。Farah 等人认为,这个案例表明,在获得视觉经验之前,人类就有了分别用于识别面孔和物体的不同的神经基础。二者解剖学上的定位由先天的基因所决定,经验并未起到决定性的作用。

1.2 面孔和一般物体加工方式的差别

面孔识别研究的一个中心问题是,我们对面孔的识别,是基于面孔的局部的成分特征,还是基于面孔的整体结构。换句话说,当我们识别一副面孔时,我们是集中在面孔的个别部分上,还是集中在整个面孔上?此外,面孔加工是否有别于其它视觉刺激的加工?

1.2.1 流行的观点及其证据

流行的假设认为,面孔识别是整体的、结构的,而物体识别是分析的、基于部分的^[12]。换句话说,面孔在记忆中以整体来表征,几乎不会分解为部分,因此不存在对面孔部件的专门的编码。面孔的结构信息,即面孔各个部分之间的关系,对面孔的视觉表征很重要。这样,面孔知觉强调构成面孔的各个成分组织成一个粘着的总模式,而不是孤立特征的简单排列。相比之下,物体识别基于物体组成部分的认知。

Tanaka 等人考察了面孔结构变形是否影响面孔局部特征的识别^[12]。如果结构变形影响局部特征识别,则说明面孔是整体表征的。结果发现,对面孔稍做变形处理,的确降低了被试对局部特征的识别成绩。除

变形处理之外，将面孔倒置，也能削弱面孔识别所需的对特征间空间结构的知觉。行为实验已经发现，正常人对倒置面孔的识别不仅差于对正立面孔的识别，也差于对倒置房屋和字词的识别。这就是著名的面孔识别的倒置效应（inversion effect）。一个典型而有趣的现象是撒切尔错觉。面孔中的眼睛和嘴均是上下颠倒的。当面孔倒置时，我们很难察觉出有什么变化。然而，当面孔图片正立过来时，我们立即发现包含了被颠倒的眼睛和嘴的面孔原来丑陋无比。

关于倒置效应，一种观点认为，倒置破坏了面孔特征间的空间关系，即面孔的整体结构。也有观点认为，正立的面孔作为一个整体（完形）来知觉，而倒置的面孔分解为各个特征来知觉。

与正常人不同，面孔失认病人表现出反转的倒置效应。换句话说，同正立的面孔刺激相比，面孔失认病人在倒置面孔上的作业成绩更好。这可能是由于识别倒置面孔和识别正立面孔的脑区不同^[12]。正常情况下，面孔采用整体编码，物体采用部分编码。而倒置面孔的编码同一般物体的编码相似，都是非整体的。倒置的面孔由一般的物体知觉系统来加工，因而避免了面孔特异性的加工过程。这种观点得到了一些证据的支持。例如，Moscovitch 等人的物体失认病人 CK，虽然能正常识别正立面孔，但倒置面孔的识别受损^[6]。这提示倒置的面孔可能由物体加工机制负责，而物体失认病人受损的物体加工机制，导致病人识别倒置面孔时成绩较差。另外，fMRI 研究显示，倒置的面孔虽然没有让 FFA 的反应消失，但引起了参与一般物体知觉的皮层区的较大反应^[13]。这说明，尽管面孔特异性加工过程继续对倒置的面孔起作用，但是，倒置的面孔更多的是与物体识别脑区有关。

1.2.2 对流行观点的挑战

倒置效应已经成了研究面孔识别特殊性的一个重要工具，而且被作为面孔特异性过程的标志。然而，同样是考察面孔失认病人中反转的倒置效应，de Gelder 和 Rouw 却对面孔加工的模块化提出怀疑^[14, 15]。使用匹配任务，他们发现，同正立的刺激相比，面孔失认病人 LH 对倒置的刺激识别得更好，不管刺激是面孔还是鞋子。而无论是正立的面孔，还是正立的鞋子，LH 的识别成绩都处于机遇水平。他们认为，LH 能可靠地匹配倒置刺激，但不能匹配正立刺激的事实，说明 LH 基于部分的加工通路完好。但是，当面对正立的刺激时，基于整体的加工通路会对基于部分的加工通路造成干扰。倒置的刺激不存在这种干扰，所以识别得好。此外，不管刺激是面孔^[14]，还是房子^[15]，LH 都显示出背景劣势效应，即当刺激为正常方位时，LH 对部件的匹配成绩更差。这说明，当刺激为正常方位时，LH 对整体刺激背景特别地敏感，不能克服整体结构所产生的影响。de Gelder 和 Rouw 在面孔和物体（如鞋子、房子）2 种刺激上，观察到了同样的模式，因而削弱了存在面孔加工模块的看法。

1.2.3 面孔识别的特殊性与专家系统说

专家系统说是 Gauthier 等人提出来的，它强调，面孔识别之所以特殊，是由于它要求在一个相对同质的物体范畴中，对亚范畴进行专家水平的分类，而人类是完成识别不同个体面孔这种艰巨任务的专家^[16]。Gauthier 等人认为，大脑的面孔反应区对所有物体都有反应，而之所以对面孔反应强，是因为我们都是识别面孔的专家^[16]。

Gauthier 等人使用一种新异的非面孔刺激，称作“Greebles”（一种人造动物，其成员之间具有家族相似性），考察了 Greebles 方面的新手和专家的识别能力^[17]。总的来看，从已习得的结构中识别部分，优于孤立状态下对部分的识别，表现出整体优势。对于专家来说，从变形的结构中识别 Greebles 的部分，慢于从

已习得的结构中去识别。然而,这种差异模式仅限于正立的刺激。这些结果说明,视觉上对非面孔刺激的识别,类似于对面孔刺激的识别。

上面讨论了面孔识别如何有别于一般物体的识别。另一个问题是,在面孔识别范围内,对自我面孔的识别,是否有别于对他人面孔的识别。

1.3 自我面孔识别

关于自我面孔识别,引人瞩目的是 Keenan 等人^[18, 19]近期提出的右半球是自我面孔加工优势半球的观点。他们把被试自己和被试熟人的面孔,分别与著名人物的面孔进行合成,得到“自我-著名”和“熟悉-著名”2种面孔^[18]。被试的任务是识别面孔。结果发现,同要求用右手按键相比,当要求用左手按键时,被试更倾向于把“自我-著名”面孔识别为自己的面孔。这一发现提示右半球是自我面孔加工的优势半球。

Keenan 等人还研究了5名癫痫病人^[19]。在病人颈动脉内注射异戊巴比妥(一种镇静催眠药)的和田试验(Wada test)期间,他们向病人呈现由著名人物面孔和病人自己的面孔所合成的面孔图片,并要求病人记住图片。待病人从麻醉状态中恢复过来之后,他们向病人同时呈现病人自己的面孔与著名人物的面孔,要求病人选出先前呈现过的面孔。实际上,麻醉期间,无论是自己的面孔,还是著名人物的面孔,病人都未见过。结果发现,左半球麻醉之后,全部5名病人,所选出的都是自己的面孔。然而,右半球麻醉之后,5名病人中有4名病人,所选出的均是著名人物的面孔。这说明右半球是自我面孔觉察的优势半球。

Keenan 等人还向正常被试呈现“自我-著名”和“熟悉-著名”2种不同的合成面孔照片,并要求被试注意这些照片^[19]。期间,他们向被试左或右半球的运动皮层递送穿颅磁刺激。然后,他们在对侧第一块背侧骨间肌(dorsal interosseous muscle),测量被试运动诱发电位的波幅,作为被试接触合成面孔期间每个半球激活量的指标。结果发现,同所有其它条件相比,当被试所看到的图片中含有自己的面孔成分时,右半球的运动诱发电位更高。

2 面孔加工系统的多成分性

神经心理学证据显示,面孔加工损伤甚至能够特异到面孔知觉的某些方面,提示可能存在可分离的神经系统,它们分别负责识别面孔身份、辨别面部表情与外显注意(即凝视)的方向。几项有关面部表情的研究,为面孔加工系统的多成分性提供了有价值的证据。例如,Young 等人发现,影响面孔身份和面部表情识别的面孔加工损伤,可以进一步分离^[20]。Adolphs 等人则发现,杏仁核双侧损伤严重影响对恐惧的识别,提示可能存在一些情绪特异性的损伤^[21]。最近,Calder 等人研究了3名默比厄斯综合征(Möbius syndrome,以先天性面瘫为特征)病人^[22]。结果发现,这些病人在识别面部表情上几乎没有任何缺陷,说明面部表情识别与面部表情产生之间可以分离。

Marinkovic 等人在癫痫病人右腹侧前额皮层的几个不同电极部位,观察到很大的面孔特异性电位^[23]。这些部位集中在很小的区域,以致于当前的 PET 和 fMRI 技术可能无法分辨。Vignal 等人进一步发现,当相继刺激那些显示出面孔特异性反应的额叶电极部位时,病人报告说看到了一系列面孔^[24]。当手术切除右前额叶部位周围的皮层之后,病人对表情(尤其是恐惧表情)的识别受到损伤,说明这些非常小的区域选择性地参与面孔加工的某些方面。

Bentin 等人发现,尽管刺激呈现 250~500ms 之后所出现的晚期 ERP 对面孔熟悉性敏感,但 N170 不受面孔熟悉性的影响,说明 N170 反映了面孔视觉分析相当早的阶段,而不是识别过程本身^[4]。Puce 等人进

一步发现，在左半球的上边，相对于闭着的嘴的面孔，张开嘴的面孔诱发更大的 N170^[25]。另外，在右半球的上边，同径直凝视的面孔相比，偏斜凝视的面孔诱发更大的 N170^[25]。这些发现反映了专门化的左半球唇读机制以及右半球凝视机制的使用。fMRI 证据表明，2 种情况下的神经机制位于颞上沟，而该区域参与生物运动的分析。

在短尾猴身上进行的单细胞记录研究揭示，颞上沟和颞下回的一些神经元会选择性地对面孔刺激作出反应。前者对不同的凝视角度、不同的面孔侧转角度以及不同的表情有反应，后者则主要负责识别不同个体的身份。利用脑功能成像，我们可以考察人类面孔反应脑区是否存在类似的分离。对这样的分离而言，最可能的候选脑区是后颞上沟和侧梭状回。脑功能成像研究已经发现，梭状回与熟悉面孔识别关系更为密切，而右顶叶和额叶更多的是和加工新异面孔刺激有关^[26]。

概括地说，迄今为止，关于面孔加工系统的多成分性，已积累了一些重要的证据。其中包括：(1) 可能源于腹侧枕颞皮层的、对面孔（不管是否熟悉）反应的早期 N170 成分；(2) 可能位于颞上沟附近的、对面孔运动的外侧皮层反应；(3) 面孔识别与面孔学习之间的功能分离；(4) 表情产生和表情识别之间的分离；(5) 位于右前额叶皮层的多个离散的小区域，参与面孔工作记忆以及抽取面部表情或对面部表情进行反应；(6) 参与面孔加工的 2 个不同的腹侧通路之间的分离，即一个通路负责抽取与面孔有关的语义和传记信息，另一个通路负责产生情感反应^[27]。

3 面孔识别模型

为详细说明面孔加工系统的组织方式，研究者不仅提出了认知模型^[1]，还提出了神经模型^[2]。这 2 个模型分别从认知和神经 2 个不同层次，来解释面孔知觉过程。

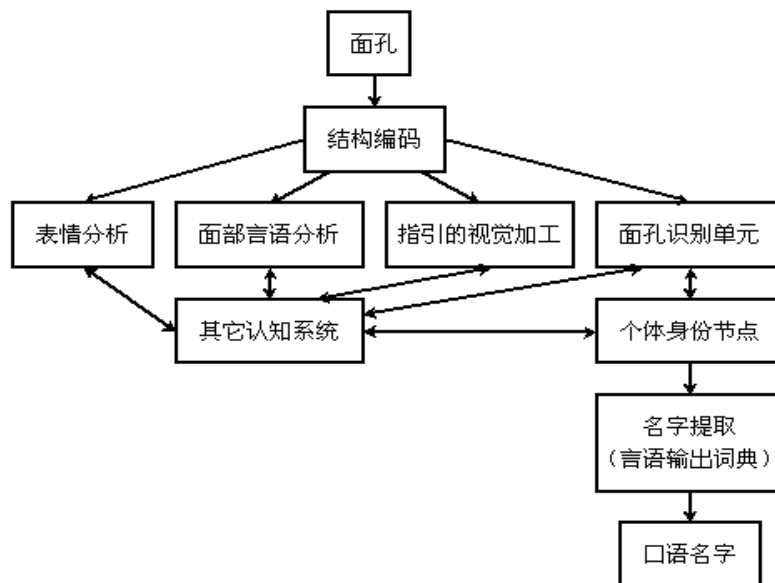


图 1 Bruce 和 Young (1986) 的面孔识别的信息加工模型

3.1 面孔知觉的认知模型

该模型区分了复杂的面孔加工的几个不同的成分（见图 1）。在面孔的视觉分析（结构编码）之后，有

几个平行的子过程。该模型把指引的视觉分析，如对不同拍摄角度的面孔作异同匹配，同面部言语分析（唇读）以及表情分析区别开来。这 3 个子过程又同面孔身份识别（面孔识别单元）相区别。该模型中几个子过程的平行组织，得到了正常被试行为研究和脑损伤病人神经心理学研究 2 方面证据的支持。这些证据表明，面孔加工的不同成分（如面孔身份识别和表情识别）可以分离。我们在前面总结有关面孔加工系统多成分性的研究时，介绍过这方面的证据，此处不再重述。

3.2 人类面孔知觉的分布式神经系统模型

在神经成像和诱发电位研究基础上，Haxby 等人提出了人类面孔知觉的神经系统模型（见图 2）^[2]。该模型强调了面孔不变方面表征与可变方面表征之间的区别。不变方面是指那些用以识别个体身份，把某一个体同其他个体区分开来的成分。可变方面是指诸如眼睛凝视、表情和嘴唇运动这样的一些成分。本文前面提到过的有关面孔身份识别和表情识别之间可以分离的证据，事实上支持 Haxby 等人对上述 2 种表征所作的区分。

Haxby 等人的模型包括核心和外围 2 个系统。核心系统由位于外侧纹状视皮层的枕颞区构成，这些脑区主要负责面孔的视觉分析。在核心系统中，面孔可变方面的表征更多地是由位于颞上沟的面孔反应区负责，而不变方面的表征更多地是由位于梭状回的面孔反应区负责。我们在前面介绍过有关梭状回面孔区（FFA）的脑成像研究，Haxby 等人实质上进一步确定了与加工面孔不同方面相应的脑区。

在 Haxby 等人的模型中，外围系统由一些负责其它认知功能的神经系统区域构成，这些脑区也参与面孔知觉。例如，对眼睛凝视方向的知觉引发了与空间注意相联系的顶区的激活^[28]；唇读引发了与言语声音的听觉加工相联系的脑区的激活^[29]；对面部表情的知觉引发了与加工情绪相联系的边缘系统的激活^[30]。概括地说，构成外围系统的脑区与核心系统中的脑区一起，负责从面孔中提取意义信息。

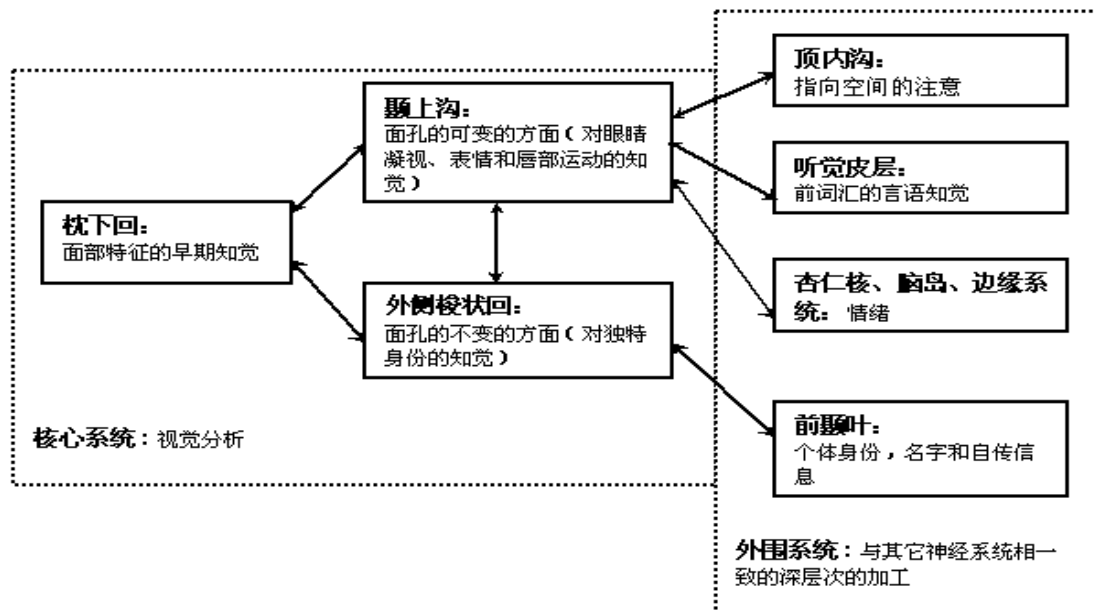


图 2 Haxby 等人（2000）的人类面孔知觉的分布式神经系统模型

4 小结：将来研究的方向

面孔加工的认知神经科学的中心任务是探讨面孔加工系统的功能组织。尽管很多证据表明，存在面孔特异性的脑区，即 FFA。然而，这个结论并未得到普遍接受。例如，Gauthier 等人发现，鸟和汽车方面的专家也利用右侧的 FFA，来识别鸟和汽车^[31]，提示 FFA 可能并不具有面孔特异性的性质。

FFA 的确切功能到底是什么，目前也尚无定论。Kanwisher 等人提出^[32]，FFA 参与面孔的觉察而不是识别。然而，Gauthier 等人的 fMRI 证据表明，FFA 扮演着比简单的觉察更要复杂的计算角色，它可能参与个体水平的面孔知觉^[33]。总的来看，尽管最近 FFA 得到了广泛研究，但是，这一区域的确切功能，目前仍不是很清楚。这样，将来研究的一个重要方向是更精确地确定 FFA 的作用。

此外，尽管 Keenan 等人的工作确定了自我面孔识别的优势半球^[18, 19]，但是，有关自我面孔识别的神经基础仍然了解得远远不够。例如，自我面孔识别是通过大脑的自我网络，还是仅仅通过面孔网络来完成。

最后，我们相信，随着新的认知神经科学技术的越来越多的卷入，随着更精细方法的发展，研究者能够提供丰富的面孔加工系统的新的候选成分，在此基础上揭示面孔加工系统的本质。Kanwisher 和 Moscovitch 建议研究者采用不同技术、不同人类群体、不同物种进行研究^[34]。这些工作无疑有助于回答有关面孔加工系统功能组织的一些基本问题，包括（1）面孔加工系统由哪些成分构成；（2）每个成分的确切功能；（3）每个成分如何工作；（4）在实际的面孔加工任务中，这些成分如何相互作用，等等。

参考文献

- [1] Bruce V, Young A. Understanding face recognition. *Britain Journal of Psychology*, 1986, 77: 305~327
- [2] Haxby J V, Hoffman EA, Gobbini M I. The distributed human neural system for face perception. *Trends in cognitive sciences*, 2000, 4(6): 223~233
- [3] McNeil J, Warrington E. Prosopagnosia: a face-specific disorder. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1993, 46A: 1~10
- [4] Bentin S, Deouell L Y, Soroker N. Selective visual streaming in face recognition: evidence from developmental prosopagnosia. *Neuroreport*, 1999, 10: 823~827
- [5] Eimer M, McCarthy R A. Prosopagnosia and structural encoding of faces: evidence from event-related potentials. *Neuroreport*, 1999, 10: 255~259
- [6] Moscovitch M, Wineour G, Behrmann M. What is special about face recognition? Nineteen experiments on a person with visual object agnosia and dyslexia but normal face recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1997, 9: 555~604
- [7] Kanwisher N, McDermott J, Chun M M. The fusiform face area: a module in human extrastriate cortex specialized for face perception. *Journal of Neuroscience*, 1997, 17: 4302~4311
- [8] McCarthy G, Puce A, Gore J C et al. Face-specific processing in the human fusiform gyrus. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1997, 9: 605~610
- [9] Ishai A, Ungerleider L G, Martin A et al. Distributed representation of objects in the human ventral visual pathway. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1999, 96: 9379~9384
- [10] Chao L L, Haxby J V, Martin A. Attribute-based neural substrates in temporal cortex for perceiving and knowing objects. *Nature Neuroscience*, 1999, 2: 913~919
- [11] Farah M, Rabinowitz C, Quinn G et al. Early Commitment of Neural Substrates for Face Recognition. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17(1/2/3): 117~123
- [12] Tanaka J W, Farah M J. Parts and wholes in face recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1993, 46A: 225~245

- [13] Aguirre G K, Singh R, D' Esposito M. Stimulus inversion and the responses of face and object-sensitive cortical areas. *Neuroreport*, 1999, 10: 189~194
- [14] de Gelder B, Rouw R. Configural face processes in acquired and developmental prosopagnosia: evidence for two separate face system. *Neuroreport*, 2000, 11: 3145~3150
- [15] de Gelder B, Rouw R. Paradoxical configuration effects for faces and objects in prosopagnosia. *Neuropsychologia*, 2000, 38: 1271~1279
- [16] Gauthier I, Behrmann M, Tarr M J. Can face recognition really be dissociated from object recognition? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 1999, 11: 349~370
- [17] Gauthier I, Tarr M J. Becoming a "Greeble" expert: exploring mechanisms for face recognition. *Vision Research*, 1997, 37: 1673~1682
- [18] Keenan J P, McCutcheon B, Freund S. Left hand advantage in a self-face recognition task. *Neuropsychologia*, 1999, 37: 1421~1425
- [19] Keenan J P, Nelson A, O' Connor M et al. Self-recognition and the right hemisphere. *Nature*, 2001, 409: 305
- [20] Young A W, Newcombe F, de Hann E H F et al. Face perception after brain injury: Selective impairments affecting identity and expression. *Brain*, 1993, 116: 941~959
- [21] Adolphs R, Tranel D, Damasio, H et al. Impaired recognition of emotion in facial expression following bilateral damage to the human amygdala. *Nature*, 1994, 372: 669~672
- [22] Calder A J, Keane J, Cole J et al. Facial expression recognition by people with Möbius syndrome. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17: 73~87
- [23] Marinkovic K, Trebon P, Chauvel P et al. Localized face-processing by the human prefrontal cortex: Face-selective intracerebral potentials and post-lesion deficits. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17: 187~199
- [24] Vignal J P, Chauvel P, Halgren E. Localized face-processing by the human prefrontal cortex: Stimulation-evoked hallucinations of faces. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17: 281~291
- [25] Puce A, Smith A, Allison T. ERPs evoked by viewing facial movements. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17: 221~239
- [26] Katanoda K, Yoshikawa K, Sugishita M. Neural substrates for the recognition of newly learned faces: a functional MRI study. *Neuropsychologia*, 2000, 38: 1616~1625
- [27] Breen N, Caine D, Coltheart M. Models of face recognition and delusional misidentification: A critical review. *Cognitive Neuropsychology*, 2000, 17: 55~71
- [28] Hoffman E, Haxby J. Distinct representations of eye gaze and identity in the distributed human neural system for face perception. *Nature Neuroscience*, 2000, 3: 80~84.
- [29] Calvert G, Bullmore E T, Brammer M J et al. Activation of auditory cortex during silent lip-reading. *Science*, 1997, 276: 593~596
- [30] Phillips M L, Young A W, Senior C et al. A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature*, 1997, 389: 495~498
- [31] Gauthier I, Skudlarski P, Gore J C et al. Expertise for cars and birds recruits brain areas involved in face recognition. *Nature Neuroscience*, 2000, 3: 191~197
- [32] Kanwisher N, Tong F, Nakayama K. The effects of face inversion on the human fusiform face area. *Cognition*, 1998, B68: 1~11
- [33] Gauthier I, Tarr M J, Moylan J et al. The fusiform "face area" is part of a network that processes faces at the individual level. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2000, 12: 495~504
- [34] Kanwisher N, Moscovitch M. The cognitive neuroscience of face processing: An introduction. *Cognitive Neuropsychology*, 2000,

17(1/2/3): 1~11

The Cognitive Neuroscience Of Face Processing: A Review

Xu Yan, Zhang Yaxu, Zhou Xiaolin

(Department of Psychology, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: Is there a face-specific processing module which is cognitively and/or neurally dissociable with the module of object processing? And how is face processing system organized? Both of these questions are the core issues in the current cognitive neuroscience of face processing. With evidence from both neuropsychology and neuroimaging studies using ERPs, PET or fMRI, researchers had found a face-specific brain area, which was named fusiform face area (FFA). In this paper, we first review some critical studies investigating both the specificity and the multiple components of face processing. We then evaluate the popular cognitive and neural models of face recognition and speculate on the direction of future studies.

Key words : face processing, fusiform face area, visual cognition, cognitive neuroscience.