
November 2018

Aesthetic Experience of Semir Zeki, "Father of Neuroaesthetics", and Related Research

Jun Hu

Follow this and additional works at: <https://tsla.researchcommons.org/journal>



Part of the [Chinese Studies Commons](#)

Recommended Citation

Hu, Jun. 2018. "Aesthetic Experience of Semir Zeki, "Father of Neuroaesthetics", and Related Research." *Theoretical Studies in Literature and Art* 38, (6): pp.194-202. <https://tsla.researchcommons.org/journal/vol38/iss6/3>

This Research Article is brought to you for free and open access by Theoretical Studies in Literature and Art. It has been accepted for inclusion by an authorized editor of Theoretical Studies in Literature and Art.

“神经美学之父”泽基的审美体验及相关研究

胡 俊

摘要:“神经美学之父”泽基教授从脑神经机制的角度,持续研究视觉大脑、审美体验和判断,以及色彩、形式和运动等知觉与审美关系,获得一系列研究成果。本文聚焦泽基的审美体验研究,阐述泽基通过核磁共振的脑扫描实验,揭示审美体验激活大脑的特定区域位置,即内侧眶额叶皮层的 A1 区,并在此基础上重新探索美的定义,最后延伸到审美体验与快感体验等美学核心问题的辨析。

关键词:神经美学; 泽基; 审美体验; 美的定义

作者简介:胡俊,博士,上海社会科学院思想文化研究中心副研究员,主要从事神经美学研究。通讯地址:上海市黄浦区淮海中路622弄7号319室,邮政编码:200020,电子邮箱:18602119410@163.com。本文为国家社会科学基金项目“当代西方神经美学对中国美学发展的影响研究”[项目编号:15BZW022]的阶段性成果。

Title: Aesthetic Experience of Semir Zeki, “Father of Neuroaesthetics”, and Related Research

Abstract: Based on neural mechanism of the brain, Professor S. Zeki, known as the “father of neuroaesthetics”, has made much research on human vision, aesthetic experience, aesthetic judgment, and the relationship between aesthetics and human perception, like that of color, form, and motion. This article analyzes Zeki’s research on aesthetic experience and expounds how Zeki, through brain fMRI (functional magnetic resonance) scan, discovered that aesthetic experience can activate certain area of brain — A1 region of the medial orbitofrontal cortex (mOFC). On this basis, the article not only discusses the definition of beauty, but also differentiates aesthetic experience from pleasure experience and other core aesthetic issues.

Key words: neuroaesthetics; Semir Zeki; aesthetic experience; the definition of beauty

Author: Hu Jun, Ph. D., is an associate researcher of Shanghai Academy of Social Sciences, whose research focuses on neuroaesthetics. Address: Room 319, 7/622 Huaihai Zhonglu, Huangpu District, Shanghai, China. Email: 18602119410@163.com. This article is funded by the National Social Sciences Foundation (15BZW022).

“神经美学”是西方学术界一个非常年轻、非常前沿的跨学科研究门类,主要探索人脑审美的神经生物学机制。神经美学作为一个独立的研究方向,其形成和发展离不开泽基的研究努力和贡献。“1999年英国伦敦大学学院(University College London)的泽基(Semir Zeki)教授依据视觉艺术的研究成果出版了著作《内在视觉:探索大脑和艺术的关系》(*Inner Vision: an Exploration of Art and the Brain*),正式提出了美学研究的一个新领域——神经美学(Neuroaesthetics),建立了第一个神经美学研究所

(Institute of Neuroaesthetics),泽基也因此被西方美学界称为“神经美学之父”(胡俊,“艺术”164)。近20年来,泽基潜心研究神经美学,依托神经生物学实验,研究视觉大脑、审美体验、审美判断、崇高与美、数学与美、形式与美学,以及色彩、运动等感知与美的关系等,在认知神经科学和美学之间取得许多重要突破。其中关于审美体验,泽基通过对脑部扫描实验数据进行关联分析,认为已经初步知晓审美体验的共同神经生物学基础。

一、审美体验的脑神经基础

美是什么,它居于被理解的客体中,还是存在于进行感知的主体之中,各种观点一直贯穿于各个时代,吸引了许多哲学家和学者们的推测。

柏拉图提出了差不多主导几千年的美学理论,认为美存在于它自己之中,美是独立于理解它的主体的。然而,即使是他,也认为审美中的个体参与者是起决定作用的。柏拉图在《会饮篇》和《费德鲁斯篇》强调把“美”(beauty)当作个体之外的永恒存在,不过作为妥协的平衡,他在《大希庇亚篇》中指出美的(beautiful)是那些能愉悦参与者的眼睛和耳朵的。

我们一直在追寻过去几千年来提过很多次的问题,即美是什么。这个问题,以一种接近神经生物学的方式,也被埃德蒙·伯克(Edmund Burke)进行了专门的推测。伯克在《崇高与美之源起》中写道:“美在更大程度上,是身体的某种能力,通过感觉的介入对人类的精神进行机制化运作”(Burke 175)。伯克认为有个独特的美的能力能够被任何和所有的感觉刺激到。因此泽基提出一个重要的问题:来自视觉、听觉等不同感觉的审美体验,是与相同的还是不同的脑区活动相关联?如果是后者,那么这是否就意味着与审美体验相连的大脑系统是功能专门化的,某一区域的活动是与视觉审美体验相连,而另一区域的活动是与听觉审美体验相连?

不少理论家的观点都受到伯克的影响,康德也不例外。随着康德作品特别是《判断力批判》的发表,重点更多地转移到了寻找感知者的美的原则和审美价值。康德睿智地提出了这一问题:美的现象的存在条件是什么?以及我们审美判断有效的前提是什么?泽基把这些问题推到实验探索中,试图通过脑扫描的方法来解答康德的问题,探索美的现象是否有一个特别的神经条件的基础,是否有一个或更多的脑部结构提供这一功能。

英国艺术评论家克莱夫·贝尔(Clive Bell)在《艺术》(Art)一书中,寻找客体本身的共同和特别的一些性质,提出“有意味的形式”,认为其能够促发主体的审美情感。泽基认为,尽管贝尔把“审美情感”看作一个纯粹的主观的事,但是贝尔本质上追寻的却是引起所有人类共同的“审美情感”的形式。笔者认为,一般来说,虽然审美存在着个人体验的主观异同,比如同一幅画或同一处自然景观,有人觉得美,有人觉得不美,然而对于绘画作品《蒙娜丽莎》或作为自然景色的黄山,可能绝大部分的人都认同是美的。换句话说,如果个人的审美体验是主观的,那么是否存在一个共同的神经组织能够导致个人的主观体验,即引发所有人类共同的“审美情感”。虽然贝尔的构想和神经生物学是不相关的,但是泽基认为贝尔的观点促发了有意义的询问和思考,他指出贝尔的理论引发了神经生物学的思考,即大脑活动中是否有一个共同特质来负责“审美情感”。泽基希望通过实验来寻找审美体验的共同因素,即不管审美客体的来源如何,也不管审美主

体的文化和经验背景的差异,大脑中是否存在一个共同机制能够支撑美的体验。

泽基致力于寻求个体审美体验的共同的神经基础。2004年,泽基等针对不同风格的绘画作品,使用功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging,简称fMRI)技术进行脑部扫描,试图解决这一问题,即当主体观看美丽的绘画作品时,不管绘画类型是抽象画、风景画、静物画或肖像画,是否有脑区特别参与其中。进行脑部扫描前,每个被试者都观看了大量的绘画作品,并把它们分类成美的、丑的和中性的。在被试者进行脑部扫描时,研究者观测到所有被试者的平均血氧水平依赖信号(blood oxygen level-dependent signal,简称BOLD)的变化,被试者观看不同绘画种类时,产生不同反应(美的、中性、丑的),其中对比美的和丑的实验数据,发现当被试者感觉到美时,内侧眶额叶皮层(the medial orbitofrontal cortex,简称mOFC)被激活(Kawabata and Zeki 1699)。“实验的研究结果,让泽基和同事们认为内侧眶额叶皮层代表了所有美的神经关联性”(Huston, et al. 135)。

很多神经美学研究者多次引用泽基等在2004年的绘画实验,将其作为视觉神经美学的重要研究成果,并视为神经美学研究史上的重要案例,甚至认为其与2004年另外两个实验一起开启了神经美学实验研究的先河。比如,克拉-孔迪(Cela-Conde)等认为:神经美学的实验领域开始于2004年,因为该年有三个不同研究提供了审美欣赏期间脑区激活的首次阐释……泽基等的实验结果是把内侧眶额叶皮层的激活认同为美的刺激(Huston, et al. 408)。此外,最近的一项研究报告说,将阳极经颅直流刺激应用于内侧眶额叶皮层,会直接增加视觉刺激的审美级别,推测是因为增强了其内部的神经活动(Nakamura and Kawabata 654)。内侧眶额叶皮层对于这类多感觉加工,笔者认为其实是一种跨模式加工。关于内侧眶额叶皮层和积极价值的审美体验及快乐感觉的对应关系,除了泽基的绘画实验外,还有其他丰富的多感觉加工的神经科学研究来证实,包括音乐,面部,嗅觉和味觉等。^①

与泽基的观点相左,有许多学者认为审美反应(aesthetic reaction,有时也称为美的反应 beauty response)、审美欣赏(aesthetic appraisal,或称为 aesthetic appreciation)、审美评估(aesthetic valuation)、审美知觉(aesthetic perception)与很多脑区都有关系,并对大脑审美的图谱进行了概括。^②因此他们认为美的反应并没有独特的脑区,而是与其它反应共用一些脑区,“这些研究的脑图谱显示审美反应需要多个神经区域和通道,这些脑区和通道是和感觉及关联皮层相连,这些皮层的功能属性包括知觉、情感和认知。审美反应并不是一个单一的特有的专门处理美丑的大脑活动”(Zaidel 163)。“艺术生产需要一个多样和广泛分布的大脑区域,涉及到几个相互连接的神经通道,包括2个半脑的参与。艺术的审美反应也是这样。没有专门的艺术审美通道,艺术反映涉及到感觉、运动、知觉和认知等”(Zaidel 19)。

当然,目前对于审美过程的称呼以及细分是名目各异、交叉重叠的,没有明确界定,有些混乱。泽基是把审

美过程中的审美体验(aesthetic experience)和审美判断(aesthetic judgment)进行了区分,虽然泽基在实验中提出美的判断是一个复杂的多脑区配合的审美过程,而且也不否认审美体验时不仅激活了内侧眶额叶皮层,还激活了其他脑区,比如大脑视觉区、听觉区,以及美的视觉刺激也激活了尾状核,但是泽基认为内侧眶额叶皮层与审美体验具有独特关系,并且进行跨感觉区的审美体验研究,最终确定内侧眶额叶皮层中的某一特定区域是多感觉来源审美体验的独特激活脑区。

2011年,泽基等通过功能性磁共振成像的脑扫描实验,探索来自视觉艺术、音乐等不同来源的审美体验在大脑中是否有一个共同活跃区域(“Toward”1)。21名受试者参加了实验,他们的国籍、文化背景是不一样的:10名西欧人,2名美国人,4名日本人,3名中国人和2名印度人;除了一人外,其他人都不是艺术家或音乐家。在开始实验前,他们观看了绘画作品,并听了音乐片段,都采用1—9的分值对实验材料进行评分,1—3分被分类为丑的,4—6分被分类为中性的,7—9被分类为美的。这使得实验确定了3套刺激物——美丽的、中性的和丑陋的。通过脑部扫描实验,主体观看或聆听刺激材料,并在每次演示结束时进行评价。泽基等对此次实验显示的大脑活动进行关联分析,发现每种类型的审美体验都激活了几个脑区,然而只有一个位于内侧眶额叶皮层中的区域,被唯一共同激活。为了避免产生歧义,把审美体验界定的内侧眶额叶皮层内的区域与其他研究,特别是判断、评估、奖赏和愿望等涉及的区域相混淆,泽基等试探性地把以上已经描述的被美的刺激物激活的唯一共同脑区称为内侧眶额叶皮层的A1区。该实验结果已被学界知晓并引用,比如戴利亚·扎德(Dahlia Zaidel)在著作《艺术的神经心理学》(*Neuropsychology of Art*)中重点介绍和阐述了这一实验结论。^③也有学者认为其它实验与泽基的实验得出的A1区的位置是相同的,只是名称不同而已。^④

可见,泽基希望解决的是一个非常基本的问题。当时泽基还没有闯入更困难的地形,既不是温克尔曼(Winckelmann)、伯克(Burke)和康德(Kant)提出的关于崇高和美的差异的问题,也不是个体看待美是怎样被文化、教养和爱好调控的问题。泽基在这次实验中通过允许主体自己来决定什么是美的,什么不是美的,来规避这些问题。因此泽基的问题变成一个简单问题,即不管不同主体怎么认知,也不管审美材料的来源如何,仅仅提出是否有特定脑区被审美体验激活。如前所述,泽基等实验证明,当主体正在体验美时,不管这个来源如何,A1脑区都会持续地活跃。泽基等认为,就大脑的活动而言,A1区具有一种审美体验的功能,不依赖于它传达的方式,但至少可以由音乐和视觉两种来源激活,也可能来自其他来源。

值得一提的是,神经美学史上是泽基首次提出和划定了审美体验的A1区。对于A1区的范围和边界,目前泽基等还是进行试探性界定,把A1区的中心放在-3 41—8,估计其直径在15—17毫米之间(Ishizu and Zeki “Toward”3)。笔者推测,可能A1区的内部还有更深的

功能化细分,还需进一步研究。

泽基强调,他的理论是暂定的,除了视觉和音乐之外,还有许多其他的体验可能也被认为是美的。概括地说,通过泽基或其他人关于审美体验的实验,发现不同来源引发的审美体验有相似之处,对于视觉、音乐、面孔、道德、数学^⑤的美的体验,都与内侧眶额叶皮层的A1区的活跃相关。泽基认为,其理论会根据未来对其它领域审美体验更深入的研究,来坚持或推翻:审美体验是与内侧眶额叶皮层的A1区相连的,或者进行适当调整。

二、探索“走向一个脑基础的美的定义”

关于审美体验,泽基认为:一是不论审美的材料来源,以及审美主体的文化背景的差异,审美体验都与人脑的内侧眶额叶皮层A1区的活跃有关;二是A1区的平均血氧水平依赖信号与被试者声称的审美体验的强度之间是有着线性关系的。这给泽基的理论增加了可测量性和量化的可能,也使得泽基以实验研究的这两个主要结果为基础,形成了一个基于大脑神经机制的美的定义及其理论推测。笔者认为这实际上还不是完整意义上的美的定义,这只是泽基关于审美体验乃至“美是什么”的神经生物学角度的研究和思考。

泽基认为,“美是什么”的问题已经有着足够多的定义。有些人,如维特鲁威(Vitruvius)、阿尔伯特(Alberti)和达芬奇(Leonardo da Vinci),都是在被感知物体的特征方面理解美的。在视觉艺术和建筑中,美可能会被简化到对称(symmetry)、比例(proportion)、和谐(harmony)等等,而在音乐中可能是节拍(beat)、和谐(harmony)与旋律(rhythm)。但是,在一个更复杂的场景,如戏剧或电影中,美又是什么呢?

在试图回答美是什么时,泽基受到贝尔的启发,贝尔在《艺术》中写道:“如果我们能够发现所有客体中普遍和特殊的能够唤起美的特质,那么我们会解决美学中的核心问题”(292)。贝尔主要关心的是视觉美,但泽基试图把范围扩大到所有的美。泽基认为,贝尔与休谟(David Hume)的观点是不同的,休谟将美完全置于知觉者身上,而贝尔在被感知的客体上寻找“特殊的特性”,同时也给感知者以首要地位。贝尔还提出:“所有美学体系都必须以个人体验为基础,也就是说,它们必须是主观的”(292)。贝尔问到,什么是“圣索非亚教堂,沙特尔的窗户,墨西哥的雕塑,一个波斯碗,中国的地毯,乔托在帕多瓦的壁画,普桑(Nicolas Poussin)、皮埃罗·德拉·弗朗西斯卡(Piero della Francesca)和塞尚(Paul Cézanne)的杰作的共同特性”(292)?这个名单里面不包括音乐。泽基通过添加音乐这一审美材料来修改贝尔的问题,并问到:当观看不同的视觉刺激和聆听不同的音乐刺激时,我们每个主体的所有审美体验的共同之处是什么?也就是说,泽基认为,贝尔带来的第一个神经生物学挑战是,审美如果是主观的,独立于文化和学习之外,是否存在一些共同的能够导致人类共同的“审美情感”的个人主观体验的神经

组织结构。因此贝尔的理论促使泽基去追寻大脑活动中是否有一些共同特性,来支撑“审美情感”。研究结果激励着泽基推测性地提供一个新的神经生物学方式来修改贝尔问题的答案,这个答案只是基于感知者而不是客体对象,但这并不意味着泽基认为客体对象可能没有使其获取美的资格的特征,相反泽基努力寻找客体中引起“审美情感”的性质及其神经生物学因素(“Clive Bell's” 730)。

贝尔给出的答案是,定义所有艺术品的单一特征是“有意味的形式”。泽基等认为这样的定义有许多缺点,其中主要的缺点是,要从绘画、音乐、时尚、设计、电影、歌剧,以及许多我们体验美的其他领域,包括道德美,来定义“有意味的形式”可能是什么。事实上,贝尔自己甚至对于什么是基本的视觉属性(如颜色和线条)的“有意味的形式”,也可能是模糊的。泽基等认为“有意味的形式”这个概念,与应用到我们审美体验的所有领域的定义是抵触的,因此也变得不可测量和量化。因此,泽基等提出一个神经生物学定义,使得它不必定义这一“有意味的形式”,或者任何其他被感知作品的特征,这是一个单独依赖于感知者的可测量和量化的定义。也就是说,对贝尔理论进行思考,泽基首先是去追寻体验为美的共同主观因素,把他关于能够促发“审美情感”的共同属性,转化为:不考虑文化和经历,大脑中是否有一个共同机制能够支撑美的体验。泽基等认为所有对主体显得美丽的作品都具有唯一的、共同的基于大脑的特征,这个特征就是,与主体对刺激物的审美体验紧密相连的,是他们的内侧眶额叶皮层 A1 区内的活跃强度的变化(“Toward” 4)。泽基等修改了贝尔关于美的定义,认为美在更大程度上,是通过感官的介入,与内侧眶额叶皮层 A1 区相连的身体的某种能力,这样使之依据于感知的主体,而远离被感知的客体对象的特征。不过泽基认为,被归类为美的客体可能某些特征是有助于主体把它归为美的,尽管这些特征已经并仍将会是一个争论的话题。

因此,泽基的基于主体的美的定义使得在确定是什么构成艺术作品的审美吸引力时,不必考虑其他因素,如教养、文化、情境、鉴赏家身份和货币价值等,尽管这些因素都可能有助于审美体验。确实,正是由于这个原因,泽基选择不同文化和种族背景的被试者来参加审美体验实验。当然,还有很多标志性的艺术作品,比如贝多芬的音乐、米开朗基罗的“圣殇”雕像,它们都是属于不同文化、背景和民族的人都能体验为美的作品。这可能如同康德在他的《判断力批判》中所说的,假设存在一个共通感(sensus communis)(180),也就是说,这样的美的作品能够刺激的不同文化的个体的大脑组织是相似的。人类能够体验到美的能力,是与所有人类大脑中某一特定脑区的激活是共同关联的。

这并不是说,在审美体验期间,只有这个区域是激活的,也不是说,有一个“美点”在大脑中,也不是暗示,审美情感是被这个脑区单独促发的。实际上,视觉美的体验,是通过视觉脑输入到内侧眶额叶皮层 A1 区,而音乐美的体验,其输入是通过听觉脑。因此这些脑区,和其他脑区,

比如视觉刺激时的皮下尾状核,是与内侧眶额叶皮层的 A1 区一起激活。但是,最重要的是,内侧眶额叶皮层的 A1 区是来自不同来源的唯一激活的共同脑区。现在,它看起来是所有体验为美的唯一共同神经特质。而且内侧眶额叶的 A1 区的激活强度与宣称的审美体验强度是成正比的。

这为哲学美学的一个中心问题,即是否有审美价值的客观判断(Gordon 326),给予了一个神经生物学的答案。这里的新奇之处在于,客观判断直接与大脑中一个精确位置的激活及其激活程度相关联。它可能被称为主观的,某种程度上它与个人体验相关,激活发生在个人大脑中,尽管一个人体验为美的,并不必然与另一个人体验为美的相同。但是它在某种程度上仍然是客观的:(1)不管什么时候一个主体体验到美,不考虑来源、文化和教育等,其内侧眶额叶皮层的 A1 区是激活的。一方面,不否认文化和教育在塑造美的体验中的重要性,但是神经生物学关于美的定义是具有普遍性的,是超越文化的。在上面提到的实验中,参加这些实验的主体是来自不同种族和文化背景的,脑活动位置的客观识别及激活程度与文化、成长、教育、国家或种族价值是无关系的。另一方面,并非所有的绘画或音乐片段都被所有主体一致体验为美,但是每当一个主体体验到美时,在内侧眶额叶皮层中的 A1 区都有与之相关的活动。因此泽基认为,所有人类大脑中某一特定脑区的激活是共同与美的体验相关联的。(2)这个激活是可检测、可量化的。也就是说当人类进行审美体验时,不仅其激活的脑区是客观可测的,而且其激活强度也是可检测和量化的,美的体验又是与宣称的强度是正相关的,那么一个人审美体验的强度也是客观可量化的。

笔者认为,从大脑审美的角度来研究美,是一条非常前沿的科学路径,我们不仅需要研究主体大脑的审美机制,还要继续探索客体本身的美,尤其是在解决了审美体验等大脑审美机制的神经生物学基础之后,更要追寻,是客体中的一些共同因素导致了主体的审美机制的运作,还是大脑审美机制主动选择了拥有某些共同特性的客体成为美的客体。笔者认为这一共同特性因素必然是超越音乐的共性、绘画的共性等的所有审美刺激物的一个综合共性,如果说颜色、线条是绘画的抽象共性,节拍、旋律是音乐的抽象共性,那么在颜色、线条、节拍、旋律等绘画、音乐等抽象共性之上推测,还应该有一个更高、更抽象的共性,比如中间阈值(这一概念的提出还得益于笔者与美国佐治亚大学神经分子生物学家申平 Ping Shen 的多次交流,也是依据申平教授实验室团队的一项相关实验的数据和脑神经解剖图得出的结论),这一概念可能也是与西方神经美学家常提到的与神经加工流畅性密切相关的典型性(prototypicality)(*Neuroaesthetics* 278),以及蔡仪美学思想中的“典型”客体的概念相关,笔者将来会继续关注、追踪和研究审美的中间阈值、典型性与典型之间的关系以及它们是否具有科学性。换句话说,我们在解决了审美体验的唯一共同激活脑区即审美的神经生物学基础之后,是否可以继续追问,客体中的什么特性才可能激活共同的唯一的审美体验脑区,或者大脑神经机制会选

择拥有哪些共同特性的客体为美。

众所周知,许多人,包括古罗马时期的著名建筑学家维特鲁威(Vitruvius),欧洲文艺复兴时期的建筑理论家、哲学家阿尔伯特(Alberti)和科学家、画家达芬奇(Leonardo da Vinci)都寻求客体使之美的特征,但没有任何坚定的结论。贝尔即使认为审美情感是一个纯主观的事情,同样也在寻找所有客体本身的一些共同的普遍的特性。贝尔提出一个重要的核心概念——“有意味的形式”,即线条和颜色用某个特别方式结合在一起,某些形式以及形式之间的关系,激起我们的审美情感。这些线条和颜色的关系和组合,这些触发审美的形式,贝尔称之为“有意味的形式”,他不仅认为这是所有艺术作品的一个共同特质,还指出根据某些未知和神秘法则来排列和组合的形式能够用一种特别的方式打动我们,艺术家的工作就是去排列和组合它们,使得它们能够打动我们。与此相应,荷兰画家、抽象风格派最核心人物之一的蒙德里安(Piet Mondrian)也强调,他是单独通过线条和颜色来表达或创造美的。泽基认为贝尔带来的另一个神经生物学的挑战,在于试图理解数学、视觉艺术、音乐等多种来源的美的体验在何种程度上能够被所有人类偏爱的客体特性所解释,因为这些多种来源激活了我们神经系统中类似的共同神经组织和构造,因此独立于文化和教育。针对贝尔的“有意味的形式”这一引发美的客体的特质的构想,泽基提出构建一个更完善的概念,即“有意味的组态”。

以视觉为例(下文也是),泽基认为“有意味的组态”可能比贝尔的“有意味的形式”更适合于我们的视觉大脑,因为后者限于线条和颜色及其组合,而前者可以应用于任何属性或特质,除了线条、颜色,还可以包括面部、身体或视觉运动刺激。同时,泽基也提出疑问,在不同的领域中,是否有一个在每个领域中都最佳地或审美地激活该脑区的“有意味的组态”?

泽基认为,为了激发情感,必须首先感受到线条、形式、颜色、面部等属性,这是大脑感知系统的功能,因此在线条等客体特质,与它们唤起的审美感情之间,还存在一个审美感知。对于感觉区,以视觉区为例,依据神经生物学研究成果,泽基认为,近几十年来已经理清大脑中视觉区域的专门化分区:视觉皮层的V1、V2区是对视网膜的视觉信号的主要皮层接收者;V3区是专门用于形式的感知,特别是动态的,V4区对颜色感知是至关重要的,V5区是专门负责视觉运动的,^⑥枕骨面孔区(occipital face area,简称OFA)、梭状回面孔区(fusiform face area,简称FFA)专门处理面部感知;^⑦位于腹侧颞叶皮层的梭状回躯体区(fusiform body area,简称FBA),以及位于外侧枕颞皮层的纹外躯体区(extrastriate body area,简称EBA)专门进行身体识别(Downing, et al. 2470),其中EBA负责处理单个的身体零件,而FBA更擅长进行整体加工(Alho, et al. 103);外侧枕叶复合体(简称LOC)主要涉及客体识别(Malach, et al. 8135)。泽基认为每个专化视觉区可能有一个原始的生物学的成分组合,不受认知、文化和学习的因素影响,其成分是为专门加工某些属性。

不同领域和不同视觉区域的这种会导致审美激活的模式是怎样的,以及这与不会导致审美感知的相应的刺激激活同一区域是怎样的不同?泽基认为,“有意味的组态”刺激方式不是最强或最大的,而是最佳或特定的,从而最优激活相关感觉区域。以视觉运动系统为例,泽基指出“有意味的组态”的激活模式不同于其他激活模式,表现为以下三种情况:第一种,专门从事视觉运动加工的视觉区的更强烈反应;第二种,特定或专门的激活模式,特定的不同细胞群进行参与;第三种,一个最佳反应,而不是最强的反应。泽基的意思是指,“有意味的组态”激活感觉区域的方式不同于那些缺乏“有意味的组态”的刺激,只有“有意味的组态”激活的大脑的“感觉”区域才能唤起审美情感。也就是说,大脑感觉区每个专化区被最优激活时,审美感知被唤起,并最终导致审美情感。刺激物不能以最佳或特定的方式激活相关区域,就不会导致审美感知,它们将会评定为中性。如果刺激物是极端地背离“有意味的组态”,那么就会被体验为丑陋的。研究实验表明,当人类看到一个中性面孔时,在梭状回面孔区中有很强的激活。当他们看到他们体验为美的面孔时,除了在梭状回面孔区中有激活,在内侧眶额叶皮层中也有相关的活动。当他们看到一个丑陋或毁容的面孔时,除了在梭状回面孔区有活动以外,还有杏仁核(一般被连接到丑的情感)内的激活。

从大脑审美机制的角度来看,泽基认为“有意味的组态”不仅导致早期感知领域(审美感知)更强或最优的激活,而且还有内侧眶额叶皮层A1区(审美体验或情感)中的相关联的激活。这引发了三个问题:(1)在不同视觉领域中,“有意味的组态”通过什么样的神经方式激活了审美感知;(2)这些专门化脑区的神经激活与审美体验相关的内侧眶额叶皮层A1区的激活两者有什么样的关系。也就是说,大脑如何将信号过滤到一个或另一个目的地:什么样的神经机制确定美的信号从感觉区被引导到有内侧眶额叶皮层A1区这一个目的地,而不是其他的目的地?(3)审美情感被唤起,是否可以进一步分化?在体验了美的不同作品所引起的情感中,例如视觉或音乐审美情感,发现了内侧眶额叶皮层A1区中的共同激活,它的激活是与美的体验相关,但是视觉和听觉的美的信号进入内侧眶额叶皮层A1区的来源和通道是来自于不同感觉区,那么内侧眶额叶皮层A1区是否有进一步的处理审美的不同领域、功能和划区的细分。

三、审美体验的相关研究及思考

审美体验是美学研究中的一个关键部分,如果想要透彻研究审美体验,还需要弄清审美体验与其他快感体验的异同,以及审美体验与审美感知、审美判断的关系。在泽基看来,虽然目前已取得一些成果,但很多方面还有待进一步展开实验研究。

1. 审美体验与快感体验

审美体验与其他感官愉悦的体验,或其他抽象认知

的奖励体验有什么异同呢?美学界对于美感和快感,一直呈现出不同观点,有的认为两者大同小异,程度不同,本质一致;有的认为美感是一种精神智性愉悦,而快感只是感官愉悦,一个是高级的,一个是低级的。

神经美学家们对于审美体验与其它愉悦体验关系的认识也是有分歧的。已有的研究表明,主体发生奖赏和愉快体验时,其内侧眶额叶皮层部分也会产生持续活跃,无论这体验是真实的,还是想象的,以及期望的。^⑧这在神经生物学层面上自然而然地提出了美学界长期讨论的问题,即审美体验与快乐的关系(Gordon 193)。

在一些神经美学实验中,研究者发现奖赏和愉悦通常也是与审美体验相关的。所以一方面,这表明了审美体验与快乐的相关性,另一方面,如果仔细思量,反过来会产生一个质疑,比如目前对于泽基关于美的假设的一个反对意见,就是有学者认为内侧眶额叶皮层的活动可能也与其他体验有关,如其他领域的愉悦、奖赏体验,也就是说,可能内侧眶额叶皮层并不与美直接相关(Huston, et al. 135)。所以,这就提出了一个重要的问题:一方面是审美体验,另一方面是其他事物的愉悦、奖赏体验,这些不同种类的快乐体验在大脑位置和活动上是否相同,也就是说,审美体验作为一种快乐的奖赏,是不是与其他类别的奖赏共用一个神经通道,如果共用,那么是不是说,审美体验与其他感官愉悦的奖赏体验也没有什么区别?如果不同,那么具体差异何在?已有的资料显示,内侧眶额叶皮层是一片广阔的皮层,有几个细胞结构学上的分区(“The Human” 691)。而且,已有的实验结果显示:不是所有种类的奖赏和愉悦都激活了审美体验相关的内侧眶额叶皮层的A1区。泽基依据自己和他人的研究实验,总结道:饮料偏爱看起来是与内侧眶额部皮层的相同部位(A1区)相连(McClure, et al. 379),抽象体验(“Abstract reward” 95)、预测奖励(Gottfried, et al. 1104)和某些运动模式偏爱(Zeki and Stutters 156)也是一样,食物的享乐体验好像是与内侧眶额叶皮层A1区更外侧的眶额叶皮层部分相连的(“Activation” 1064),然而情欲快感的体验是与眶额叶皮层A1区的背侧区域相连(Sescousse, et al. 13095)。另外,关于货币奖励,有一项研究报道了货币奖励的激活区与内侧眶额叶皮层的A1区是对应的交叉重叠(Kim, et al. 769);但是另一项研究认为货币奖励的激活位置是在眶额叶皮层的A1区外,位于更靠前的位置(Sescousse, et al. 13104)。总之,这些奖赏和快乐体验的激活区都是临近或重叠的,但明确结果尚无定论。泽基认为,除非通过相同的主体、实验过程和关联分析来探索奖励和审美的体验,否则很难精确地确定不同体验关联的部位是否相同。而且,即使涉及到相同部分,目前也很难通过实验来确定在这些不同体验时期是否是相同细胞群被激活。也就是说,我们还需要设计一个相同主体的实验来区分不同快乐、奖赏和审美体验是否涉及到相同脑区和相同细胞群,然后更加精确定义不同类型的快乐和奖励任务得到的激活与泽基确定的审美体验区即内侧眶额叶皮层A1区的关系。

2. 审美体验与审美感知

“哲学史、美学史普遍重视美感中的感情活动,忽视或轻视其认识作用,代表人物有休谟、康德。休谟认为,理性传达真与伪的知识,趣味产生美与丑、善与恶的情感,所以知识的认识是和理性相关的,美、美感和情感相关的。康德提出了知、情、意的划分,主张感情和理智各自独立,审美判断和知识判断相对立。审美判断是情感的,与主体相联系;知识判断是逻辑的,与客体相联系。审美只涉及主体的情感,或曰主观情感,而不关联于客体的认识,这样就隔断了美感和认识的联系”(“蔡仪美学与辩证” 157)。泽基通过脑扫描实验,证明人脑的审美体验与对客体的认识、感知是相关联的。

2004年,泽基等在实验中发现当主体观看美丽的不同类型的绘画作品时,不仅都激活了审美体验的脑区即内侧眶额叶皮层;同时不同类型的绘画还激活了视觉脑中的不同位置,而且特定类型的刺激是和独特的大脑视觉加工区相关联的,比如客体的形状、颜色和运动属性分别激活的是大脑视觉专门区的V3、V4和V5区。也就是说,视觉脑是功能专门化的,无论这些画作是否被归为美的,观看这些不同类别的画作,比如肖像画和风景画,会激活视觉知觉区的不同位置。

2011年,泽基等通过同一被试者观看不同视觉作品和聆听音乐来进行实验,虽然精确发现A1区的共同审美体验活动,但是视觉和音乐通往内侧眶额叶皮层的通路是不同的。虽然眶额叶皮层几乎不接受直接感觉输入,但是审美体验时内侧眶额叶皮层与视觉艺术和音乐认知的知觉区是“共同激活”的,笔者推测相关信号可能是从视觉区、听觉区等知觉区输入到审美体验相关的内侧眶额叶皮层A1区。泽基使用术语“共同激活”,而没有区分激活的先后时间顺序,主要是因为磁共振成像技术的局限,不能够分离出这些脑区的激活顺序。

更多地基于伯克关于美的定义的思考,如被感官调节,泽基后来补充认为美的决定因素不是内侧眶额叶皮层A1区的单独激活,而是内侧眶额叶皮层的A1区与专门的感知区域以及可能(在视觉刺激的情况下)与尾状核,一起共同激活。因此,泽基扩大了上述关于美的神经生物学定义,不仅包括内侧眶额叶皮层的激活,还包括与感觉区域的共同激活,因为他认为这些感觉区域滋养了内侧眶额叶皮层。这些感觉区域和尾状核等其它区域地区以及内侧眶额叶皮层的A1区的相互作用,以及后者的活动如何被前者的活动所调节,仍然是未来非常有趣的研究难题。

关于感觉区域和内侧眶额叶皮层A1区的活动顺序,笔者认为主体对于客体的认知在前,内侧眶额叶皮层A1区的激活在后。也就是说,关于绘画中的颜色、线条以及音乐中的节拍、旋律等可以感知的内容,在知觉区经过接收和加工处理后,符合相关审美条件和标准的特质因素,会打开某个与美相关的连接知觉区与审美体验A1区的神经通道的起于知觉区的开端细胞区的阀门,并连接到内侧眶额叶皮层的A1区,或者说,相关神经元会输入并激活内侧眶额叶皮层A1区,引发大脑的审美体验。笔

者继续猜测,一种可能是客体中那些达到符合中间阈值区间范围的抽象感知特性,从知觉区加工处理后,相关信号输入、传导到内侧眶额叶皮层 A1 区,或者打开了激活内侧眶额叶皮层 A1 区的阀门,从而激活了内侧眶额叶皮层的 A1 区。于是联想到,美学家蔡仪“主张认识是情感的基础,认为对于美的事物进行认识和欣赏之后,必然会发生美感即审美情感,这就将美的认识和感情的活动有机地结合起来”(“蔡仪美学与辩证” 157)。虽然蔡仪指出在认识、感知美的事物后会产生相应的审美情感,但是这个从认知到情感体验过程的脑神经机制究竟是如何运行的,上述也只是一简单猜测,我们还需积极探索,比如知觉因素的传导信号是怎么打开内侧眶额叶皮层 A1 区的阀门的?或者是打开连接知觉区与 A1 区的神经通道的阀门?是什么样的信号才具备打开的条件?目前还不知道知觉区与内侧眶额叶皮层 A1 区之间是否有这样的神经通道,以及是否有这样一类负责打开和关闭的阀门细胞,这样的阀门细胞是在知觉区还是 A1 区。另外,如果是在知觉区,那么视觉区、听觉区等不同知觉区的审美阀门细胞是否具有相同的结构和功能?如果在 A1 区,那么是有一个总体的专门阀门细胞区,管辖所有事物的美的信号的传导;还是有分类的阀门细胞区,分别管辖视觉、音乐等来源的美的信号的传导。

3. 审美体验与审美判断

在许多探索欣赏、愉悦和判断的关系、审美体验和价值比较^①的研究中,都发现了内侧眶额叶皮层的激活。也就是说,内侧眶额叶皮层不仅在审美体验中被激活,而且在判断期间也是很活跃的。具体地说,一方面,许多研究表明,内侧眶额叶皮层的 A1 区在审美体验中被激活。比如泽基等研究发现,不管它的来源是视觉艺术还是音乐,位于内侧眶额叶皮层的 A1 区的活动总是与审美体验相关联。另一方面,审美判断期间,内侧眶额叶皮层也是激活的。比如,泽基等在进行审美判断和认知判断的对比实验中发现,审美判断(aesthetic judgments)单独激活的脑区,比审美体验期间激活的脑区范围要广,除了涉及到与审美体验激活位置相同的眶额叶皮层的内侧,还包括内侧眶额叶皮层的外侧部分(lateral subdivisions of the orbitofrontal cortex),以及与情感运动规划相关的皮层下站(subcortical stations):苍白球(globus pallidus)、壳核-屏状核(putamen-claustrum)、杏仁核(amygdala)、小脑蚓部(cerebellar vermis)(“The Brain's” 1413)。我们通过比较发现,在眶额叶皮层位置上,审美体验和审美判断具有皮层关系的紧密性。审美判断在内侧眶额叶皮层的激活位置与 A1 区是部分重叠的,表明做出判断和体验美时,在内侧眶额叶皮层内激活的位置既有共同部分,也有差异部分。那么在内侧眶额叶皮层是否有单独的分区,来调节审美判断和审美体验,仍然有待观察。另外泽基等研究发现外侧眶额叶皮层(the lateral orbitofrontal cortex,简称 IOFC)也是涉及审美判断的,也就是说,几乎所有的审美体验研究都牵连到内侧眶额叶皮层;而审美判断时眶额叶皮层的内侧是和外侧紧密相连的,那么眶额叶皮层中的这两个部

分在审美判断中分别起什么作用,还需进一步明确。

体验到事物是美的,意味着对该事物进行一个判断。这就引发了一个康德已提出过的问题,即这个判断是发生在美的体验之前,还是在此之后?两者是否能够真正全部分开?由于泽基等核磁共振实验的技术局限,还无法解决审美判断是否发生在审美体验之前,或者两者是否是在空间和时间上同时发生的问题。同样,泽基等认为,能否站在神经生物学的角度来识别、判断愉悦是来自听一段轻歌剧,还是来自贝多芬交响乐,在目前也仍是一个需要解决的问题。总之,尽管审美体验和判断期间部分涉及共同的大脑区域,但是两者的关系仍有待深入研究。

注释[Notes]

① 参考: Blood, A. J., and R. J. Zatorre. “Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions Implicated in Reward and Emotion.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (1921): 11818; Tsukiura, T., and R. Cabeza. “Remembering Beauty: Roles of Orbitofrontal and Hippocampal Regions in Successful Memory Encoding of Attractive Faces.” *NeuroImage* 54. 1 (2011): 653; Chrea, Christelie, Dominique Valentin and Herve Abdi. “Graded Structure in Odour Categories: a Cross-Cultural Case Study.” *Perception* 2 (2009): 292; Carolyn, Kosmeyer. *Making Sense of Taste, Food and Philosophy* (Ithaca and London: Cornell University Press, 1999)36.

② 参考: Zaidel, Dahlia W. *Neuropsychology of Art* (London and New York: Routledge, 2016) 163 - 64; Lauring, Jon O. *An Introduction to Neuroaesthetics* (Copenhagen: Museum Tusculanum Press, 2014) 125 - 27, 144 - 48; Huston, Joseph P., et al. *Art, Aesthetics and the Brain* (Oxford: Oxford University Press, 2015) 135 - 37, 409, 412.

③ 参考: Zaidel, Dahlia W. *Neuropsychology of Art*. London and New York: Routledge, 2016. 164.

④ 参考: Lauring, Jon O. *An Introduction to Neuroaesthetics* (Copenhagen: Museum Tusculanum Press) 2014. 144.

⑤ 参考: Kawabata, H., and S. Zeki. “Neural Correlates of Beauty.” *Journal of Neurophysiology* 91. 4 (2004): 1699; Ishizu, T., and S. Zeki. “Toward a Brain-Based Theory of Beauty.” *Plos One* 6. 7. e21852(2011): 1; O'Doherty, J., et al. “Beauty in a Smile: the Role of Medial Orbitofrontal Cortex in Facial Attractiveness.” *Neuropsychologia* 41. 2 (2003): 147; Tsukiura, T., and R. Cabeza. “Remembering Beauty: Roles of Orbitofrontal and Hippocampal Regions in Successful Memory Encoding of Attractive Faces.” *NeuroImage* 54. 1 (2011): 653; Zeki, S., et al. “The Experience of Mathematical Beauty and Its Neural Correlates.” *Frontiers in Human Neuroscience* 8. 2(2014): 68.

⑥ 参考: Zeki, S. “Uniformity and Diversity of Structure and Function in Rhesusmonkey Prestriate Visual Cortex.” *J.*

Physiol. 277(1978): 273; De Yoe, E. A., and D. C. Van Essen. “Segregation of Efferent Connections and Receptive Field Properties in Visual Area V2 of the Macaque.” *Nature* 10. 317(1985): 58; Shipp, S., and S. Zeki. “Segregation of Pathways Leading from Area V2 to Areas V4 and V5 of Macaque Monkey Visual Cortex.” *Nature* 315(1985): 322; Livingstone, M., and D. Hubel. “Segregation of Form, Color, Movement, and Depth: Anatomy, Physiology, and Perception.” *Science* 240(1988): 740; Smith, A. T., et al. “The Processing of First and Second-Order Motion in Human Visual Cortex Assessed by Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI).” *J. Neurosci.* 18 (1998): 3816; Zeki, S.. *A Vision of the Brain* (Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1993) 85; Bartels, A., and S. Zeki. “Are the Independent Components of Brain Imaging Data Functionally Specialized Areas?” *Eur. J. Neurosci.* 12 (2000): 194; Goddard, E., et al. “Color Responsiveness Argues Against a Dorsal Component of Human V4.” *J. Vis.* 11(2011): 3; Zeki, S.. *Inner Vision: An Exploration of Art and the Brain* (New York: Oxford University Press, 1999) 143.

⑦ 参考: Sergent, J., S. Ohta, and B. MacDonald. “Functional Neuroanatomy of Face and Object Processing.” *Brain* 115 (1992): 15; Derntl, B., et al.. “General and Specific Responsiveness of the Amygdala During Explicit Emotion Recognition in Females and Males.” *Neurosci* 10 (2009): 91.

⑧ 参考: Bray, S., S. Shimojo, and J. P. O’Doherty. “Human Medial Orbitofrontal Cortex Is Recruited During Experience of Imagined and Real Rewards.” *Journal of Neurophysiology* 103. 5 (2010): 2506; Peters, J., and C. Buchel. “Neural Representations of Subjective Reward Value.” *Behavioural Brain Research* 213. 2 (2010): 135; Schultz, W. “Subjective Neuronal Coding of Reward: Temporal Value Discounting and Risk.” *Eur J Neurosci* 31 (2010): 2124.

⑨ 参考: Grabenhorst, F., and E. T. Rolls. “Value, Pleasure and Choice in the Ventral Prefrontal Cortex.” *Trends in Cognitive Sciences* 15. 2(2011): 56; Kawabata, H., and S. Zeki. “Neural Correlates of Beauty.” *Journal of Neurophysiology* 91. 4(2004): 1699; Vartanian, O. V. Goel. “Neuroanatomical Correlates of Aesthetic Preference for Paintings.” *Neuroreport* 15. 5(2004): 893; Di Dio, C., E. Macaluso, and G. Rizzolatti. “The Golden Beauty: Brain Response to Classical and Renaissance Sculptures.” *Plos One* 2. 11 (2007): e1201; Tsukiura, T., and R. Cabeza. “Remembering Beauty: Roles of Orbitofrontal and Hippocampal Regions in Successful Memory Encoding of Attractive Faces.” *NeuroImage* 54. 1 (2011): 148; FitzGerald, T. H., B. Seymour, and R. J. Dolan. “The Role

of Human Orbitofrontal Cortex in Value Comparison for Incommensurable Objects.” *J Neuroscience* 29(2009): 8388.

引用作品[Works Cited]

Alho, Jussi, et al.. “Facilitated Early Cortical Processing of Nude Human Bodies.” *Biological Psychology* 109 (2015): 103 – 110.

Bell, Clive. *Art*. London: Chatto and Windus, 1921.

Blood, A. J., and R. J. Zatorre. “Intensely Pleasurable Responses to Music Correlate with Activity in Brain Regions Implicated in Reward and Emotion.” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 98 (1921): 11818 – 23.

Bray, S., S. Shimojo, and J. P. O’Doherty. “Human Medial Orbitofrontal Cortex Is Recruited During Experience of Imagined and Real Rewards.” *Journal of Neurophysiology* 103. 5 (2010): 2506 – 512.

Burke, Edmund. *A Philosophical Enquiry into the Origin of Our Ideas of the Sublime and Beautiful*. London: R. and J. Dodsley, 1757.

Carolyn, Kosmeyer. *Making Sense of Taste, Food and Philosophy*. Ithaca and London: Cornell University Press, 1999.

Chrea, Christelie, Dominique Valentin, and Herve Abdi. “Graded Structure in Odour Categories: A Cross-Cultural Case Study.” *Perception* 2 (2009): 292 – 309.

De Yoe, E. A., and D. C. Van Essen. “Segregation of Efferent Connections and Receptive Field Properties in Visual Area V2 of the Macaque.” *Nature* 10. 317 (1985): 58 – 61.

Di Dio, C., E. Macaluso, and G. Rizzolatti. “The Golden Beauty: Brain Response to Classical and Renaissance Sculptures.” *Plos One* 2. 11 (2007): 1 – 9.

Downing, P. E., et al.. “A Cortical Area Selective for Visual Processing of the Human Body.” *Science* 293 (2001): 2470 – 73.

FitzGerald, T. H., B. Seymour, and R. J. Dolan. “The Role of Human Orbitofrontal Cortex in Value Comparison for Incommensurable Objects.” *J Neuroscience* 29 (2009): 8388 – 95.

Gordon, Graham. *Philosophy of the Arts*. London: Routledge, 1997.

Gottfried, J. A., J. O’ Doherty, and R. J. Dolan. “Encoding Predictive Reward Value in Human Amygdala and Orbitofrontal Cortex.” *Science* 301. 8 (2003): 1104 – 07.

Grabenhorst, F., and E. T. Rolls. “Value, Pleasure and Choice in the Ventral Prefrontal Cortex.” *Trends in Cognitive Sciences* 15. 2 (2011): 56 – 67.

胡俊:“蔡仪美学与辩证唯物主义认识论”,《文学评论》3

- (2014):153—58。
- [Hu, Jun. “Cai Yi’s Aesthetics and Dialectical Materialist Epistemology.” *Literary Review* 3 (2014): 153–58.]
- :“艺术·人脑·审美——当代西方神经美学的研究进展、意义和愿景”,《文艺理论研究》4(2015):164—72。
- [---. “Art, Brain and Aesthetics: On the Development, Significance and Vision of Contemporary Western Neuroaesthetics.” *Theoretical Studies in Literature and Art* 4 (2015): 164–72.]
- Huston, Joseph., et al.. *Art, Aesthetics and the Brain*. Oxford: Oxford University Press, 2015.
- Ishizu, T., and S. Zeki. “Toward a Brain-Based Theory of Beauty.” *Plos One* 6.7(2011): 1–10.
- . “The Brain’s Specialized Systems for Aesthetic and Perceptual Judgment.” *European Journal of Neuroscience* 37 (2013): 1413–20.
- Kant, Immanuel. *The Critique of Judgment*. Oxford: Clarendon,1952.
- Kawabata, H., and S. Zeki. “Neural Correlates of Beauty.” *Journal of Neurophysiology* 91.4 (2004): 1699–705.
- Kim, H., S. Shimojo, and J. P. O’Doherty. “Overlapping Responses for the Expectation of Juice and Money Rewards in Human Ventromedial Prefrontal Cortex.” *Cerebral Cortex* 21.4 (2011): 769–76.
- Kringelbach, M. L.. “The Human Orbitofrontal Cortex: Linking Reward to Hedonic Experience.” *Nature Review Neuroscience* 6 (2005): 691–702.
- Kringelbach, M. L., et al. “Activation of the Human Orbitofrontal Cortex to a Liquid Food Stimulus Is Correlated with Its Subjective Pleasantness.” *Cerebral Cortex* 13.10 (2003): 1064–71.
- Livingstone, M., and D. Hubel. “Segregation of Form, Color, Movement, and Depth: Anatomy, Physiology, and Perception.” *Science* 240 (1988): 740–49.
- Malach, R., et al.. “Object-Related Activity Revealed by Functional Magnetic Resonance Imaging in Human Occipital Cortex.” *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 92 (1995): 8135–39.
- Martin, Skov, and Oshin Vartanian. *Neuroaesthetics*. London and New York: Routledge,2009.
- McClure, S. M., et al.. “Neural Correlates of Behavioral Preference for Culturally Familiar Drinks.” *Neuron* 44.2 (2004): 379–87.
- Nakamura, K., and H. Kawabata. “Transcranial Direct Current Stimulation over the Medial Prefrontal Cortex and Left Primary Motor Cortex (mPFC-IPMC) Affects Subjective Beauty but Not Ugliness.” *Front Hum Neurosci* 9 (2015): 1–8.
- O’Doherty, J., et al.. “Beauty in a Smile: the Role of Medial Orbitofrontal Cortex in Facial Attractiveness.” *Neuropsychologia* 41.2 (2003): 147–55.
- . “Abstract Reward and Punishment Representations in the Human Orbitofrontal Cortex.” *Nature Neuroscience* 4.1 (2001): 95–102.
- Peters, J., and C. Buchel. “Neural Representations of Subjective Reward Value.” *Behavioural Brain Research* 213.2 (2010): 135–41.
- Schultz, W.. “Subjective Neuronal Coding of Reward: Temporal Value Discounting and Risk.” *Eur J Neurosci* 31 (2010): 2124–35.
- Sergent, J., S. Ohta, and B. MacDonald. “Functional Neuroanatomy of Face and Object Processing.” *Brain* 115 (1992): 15–36.
- Sescousse, G., J. Redouté, and J. C. Dreher. “The Architecture of Reward Value Coding in the Human Orbitofrontal Cortex.” *The Journal of Neuroscience* 39.30 (2010): 13095–104.
- Shipp, S., and S. Zeki. “Segregation of Pathways Leading from Area V2 to Areas V4 and V5 of Macaque Monkey Visual Cortex.” *Nature* 315 (1985): 322–25.
- Smith, A. T., et al.. “The Processing of First and Second-Order Motion in Human Visual Cortex Assessed by Functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI).” *J. Neurosci.* 18 (1998): 3816–30.
- Tsukiura, T., and R. Cabeza. “Remembering Beauty: Roles of Orbitofrontal and Hippocampal Regions in Successful Memory Encoding of Attractive Faces.” *NeuroImage* 54.1 (2011): 653–60.
- . “Shared Brain Activity for Aesthetic and Moral Judgments: Implications for the Beauty-Is-Good Stereotype.” *Social Cognitive & Affective Neuroscience* 6.1 (2011): 138–48.
- Vartanian, O. V. Goel. “Neuroanatomical Correlates of Aesthetic Preference for Paintings.” *Neuroreport* 15.5 (2004): 893–97.
- . “Clive Bell’s ‘Significant Form’ and the Neurobiology of Aesthetics.” *Frontiers in Human Neuroscience* 7.12 (2013): 1–14.
- . “Uniformity and Diversity of Structure and Function in Rhesusmonkey Prestriate Visual Cortex.” *J. Physiol* 277 (1978): 273–90.
- Zeki, S., and J. Stutters. “Functional Specialization and Generalization for Grouping of Stimuli Based on Colour and Motion.” *Neuroimage* 73.6 (2013): 156–66.

(责任编辑:王嘉军)