

# The Component of N170 in Visual Cognition

Xin Liang, Quanhong Wang

Psychology Department, Southwest University, Chongqing  
Email: [quanhong177@yahoo.com](mailto:quanhong177@yahoo.com)

Received: Dec. 8<sup>th</sup>, 2015; accepted: Dec. 19<sup>th</sup>, 2015; published: Dec. 24<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

N170 is a component of the event-related potential that reflects the processing of visual expertise stimulus such as faces and words, which shows increased negativity within 170 ms after stimulus presentation. The N170 is sensitive to visual expertise stimulus. Researchers are trying to explain the N170 effect with Visual Expertise Theory. The N170 also displays hemisphere lateralization. So far there are many research paradigms about N170, and these paradigms would provide different ways to explore the essence of N170 component.

## Keywords

N170, Visual Cognition, Face Recognition, Word Recognition, Visual Expertise Theory

---

# 视觉认知中的N170成分

梁欣, 王权红

西南大学心理学部, 重庆  
Email: [quanhong177@yahoo.com](mailto:quanhong177@yahoo.com)

收稿日期: 2015年12月8日; 录用日期: 2015年12月19日; 发布日期: 2015年12月24日

---

## 摘要

N170是一个能够反映人脸或者字词等专家化刺激加工过程的事件相关电位, 通常在刺激呈现后170 ms左右出现。目前关于N170的研究主要集中在人脸识别或者字词识别。发现对人脸和字词等专家化刺激具

有敏感性。研究者们尝试用专家化理论去解释N170效应。N170还表现出偏侧化的特点。N170的研究范式繁多, 可以从不同角度探讨N170成分。

## 关键词

N170, 视觉认知, 人脸识别, 字词识别, 专家化理论

## 1. 引言

人们的日常生活中, 每天接受大量的视觉刺激并时刻对这些信息进行加工。加工处理这些刺激信息, 对人类生存、适应环境和进行各种生命活动具有重要意义。在众多的视觉刺激中, 人脸和字词是人们日常生活中最常见的视觉刺激之一, 两者的内部具有高度的相似性。研究者们把人脸和字词刺激称为专家化刺激(Bukach, Gauthier, & Tarr, 2006)。尽管这些专家化刺激具有高度的相似性, 个体的专家化知识足以化解高度相似性带来识别上的挑战。与其他非专家化刺激相比, 人们由于长期识别这些专家化刺激, 导致形成了对它们的自动反应偏向(Gauthier, 2000)。

事件相关电位(event-related potentials, ERPs)的研究发现, 面孔比其他非面孔刺激引发峰值更大的N170, 且表现为N170的头皮右侧化(Bentin, McCarhy, Perez, Puce, & Allison, 1996; Rossion & Jacques, 2008)。字词能够比其他非字词刺激如字符串, 引发峰值更大的N170, 但表现为左侧化(Yun, Holcomb, & Grainger, 2011; Zhao, Li, Lin, Cao, He, & Weng, 2012)。N170成分是指在个体的视觉认知过程中, 刺激呈现150~200 ms(毫秒)后引发的一个早期负波。研究者们认为N170是视觉认知过程中一个相当重要的成分, 尤其是对于针对人脸或者字词等专家化物体信息的认知加工。早期N170成分是反映这些加工的敏感性指标。目前, 认知神经学家们在视觉认知中N170成分的敏感性、偏侧化等方面的研究已经取得了一定的进展。本文将围绕N170的理论和解释、偏侧化、研究范式、神经机制等方面对人脸和字词N170进行阐述, 并尝试探讨N170的本质。

## 2. N170的发现

N170是由Bentin等人在1996年正式提出的。他们的研究通过ERPs技术发现, 与其他刺激图片(如动物脸, 汽车等)相比, 人脸和脸部的某些器官(如眼睛)所诱发的N170更大, 并且头皮右半球所诱发的N170显著强于左半球。但是最早关于N170的研究是在1989年, 即Botzel和Grusser等人尝试寻找与人脸识别过程相应的ERP成分。他们发现, 和其它刺激相比, 人脸能够在刺激呈现后大约150 ms诱发一个更偏正的脑电成分, 但是没有出现偏侧化。根据ERP的地形图, 他们得出结论: 人脸辨别的脑电波成分不是在枕叶的脸部选择区, 而是在大脑的边缘系统。后续的研究把其称为顶正波(vertex positive potential, VPP)(Jeffreys, 1989)。对于这两个截然相反的结论, Joyce和Rossion(2005)等人做了进一步研究, 重新选用了参考点(包括鼻子和乳突)。他们发现, N170和VPP能通过相同的神经细胞群所产生的相同偶极排列给予解释, 因此它们两个反映的是相同信息加工过程。

## 3. N170成分的研究

### 3.1. 人脸识别N170成分的研究

面孔的相关研究早在20世纪开始。1986年, Bruce和Young提出面孔识别的结构编码模型。1996年, Bentin等人要求被试在观看人脸、人的五官、变形人脸、动物脸、手和物体(汽车、家具)这些刺激的

同时, 默数刺激呈现的次数。结果显示, 人脸刺激呈现后 172 ms 在枕颞部诱发一个明显的负波, 且呈现右半球偏侧化, 人的五官和变形人脸也诱发了相同的负波, 其它刺激均没有。Bentin 等人将这一负波命名为 N170, 此后关于 N170 的研究涌现。Le Grand (2003) 等人为了进一步证实面孔识别 N170 的右偏侧化, 选取了视觉正常和视觉剥夺(单侧视觉剥夺和双侧视觉剥夺)的被试, 要求被试判断相续呈现的面孔是否相同。结果证明右脑视觉剥夺的被试的面孔认知功能严重受损。研究者还发现, N170 成分对人脸识别具有敏感性, 与人脸特征的结构有关, 但与熟悉度、年龄、性别等因素无关。

尽管有大量实验证据证明 N170 成分对面部识别加工具有敏感性, 但 N170 成分能否反映面孔加工的特异性一直存在争论。面孔倒置效应(face inversion effect, FIE)为证明“N170 对面孔识别具有特异性”这一观点提供了强有力的证据, 如倒立的人脸诱发的 N170 出现峰值增大和潜伏期延长, 而倒立的其它物体刺激则没有出现这些现象(Rossion, Gauthier, & Tarr, 2000; Rebai, Poiroux, Bernard, & Lalonde, 2001)。Itier (2006) 等人采用方向判断任务, 发现, 人脸比汽车房屋等其它图片产生更大的 N170, 倒立人脸比正立人脸产生更大的 N170, 且倒立人脸 N170 的潜伏期要比正立人脸 N170 的潜伏期晚。然而有研究者认为, 人脸的 N170 倒置效应的本质并非人脸的特异性所致, 而是大脑对高度熟悉的物体刺激的普通反应。为此有研究者提出了视觉专家化理论(Visual Expertise Theory), 强调人类是人脸识别的专家而非对人脸有特异加工机制。专家化理论的研究者们为了更好地研究专家化刺激的视觉加工, 创造出一种名为“Greeble”的人造动物, 其成员之间具有较大的家族相似性。Diamond 和 Carey (1986) 行为实验采用这类非人脸刺激, 发现倒置效应并不是人脸识别所特有的, 对某种非人脸刺激(如狗、Greeble)具有专家能力的人在完成实验任务重也会出现倒置效应。Tanaka 和 Curran (2001) 的脑电实验还发现, 鸟类和狗类专家在识别其所特长的物体时诱发的 N170 峰值大于非特长物体的 N170 峰值, 这说明 N170 峰值在视觉加工的早期阶段, 个体对特长物体的加工和非特长物体的加工是不一样的, 并进一步说明 N170 效应并不局限于人脸加工。由此可见, 专家化理论似乎也可以用于解释人脸加工所表现出的所谓的特异性, 但是还需要更多的证据支持。本文推测, 人脸和客体刺激的 N170 取决于同类刺激的相似性。在专家化知识能把握的范围内, 刺激的相似密度越高, 个体为了化解这种识别上的困难, 需要启用的专家化知识就越多, N170 的峰值越大。例如, 倒立人脸本身有许多相似的倒立人脸, 同时和它的正立版本的相似脸也是相似的, 因此倒立人脸比正立人脸的相似密度更高, 从而加工倒立人脸时需要启用更多的专家化知识, 大脑会诱发峰值更大的 N170。但是这种推测有待于进一步研究的证实。

### 3.2. 字词识别 N170 成分的研究

值得注意的是, 字词识别也出现类似人脸识别中 N170 增大的现象。字词识别的 N170 成分是第一个对字词材料敏感的脑电成分(Dehaene, Le, Poline, Le Bihan, & Cohen, 2002)。和人脸识别的研究相似, 字词刺激诱发的 N170 峰值显著大于其他非字词刺激。有研究者提出应该把字词识别的 N170 命名为“N170-P07”, 以区别于面孔识别的 N170, 并且还认为 N170 反映的是一个亚词汇水平的加工过程(Dien, 2009)。关于字词识别的 N170, 目前有两种互相排斥的解释。其一, 专家知觉解释认为, N170 反映了早期知觉刺激类型分类阶段中, 刺激的正字法信息侦测(Bentin et al., 1999; Wong et al., 2005)。支持这一解释的实验有: 含有不发音但出现的位置正常的部件的假字, 其诱发的 N170 和真字一样比随机笔画组合的刺激诱发的 N170 大(Lin, Chen, Zhao, Li, He & Weng, 2011)。其二, 语音对应解释认为, N170 与正字法表征和语音表征之间的自动连接有关(Maurer & McCandiss, 2005)。支持这一解释的实验有: 在按声旁一致性分为高一一致性(如: 谣)和低一致性(如: 流)的汉字材料当中, 低一致性的汉字比高一一致性的汉字诱发更大的 N170 (Lee, Tsai, Huang, Hung & Tzeng, 2006)。不排除词汇前的正字法加工通过语音、语义影响或降低刺激相似度来调节 N170, 同时说明字词识别的 N170 可能比面部识别的 N170 要复杂。

很多研究证据表明, N170 与词汇前的正字法加工相关。如, Bentin 等人在 1999 年首次对字词 N170 成分进行了研究, 采用 odd ball 实验范式, 选取正字法刺激(词字、假词和伪词)和非正字法刺激(符号、形状)为实验材料, 结果发现刺激呈现后 170 ms 左右, 两种类型的刺激均在头皮的枕颞区诱发了一个脑电负成分——N170。不同的是, 与非正字法刺激相比, 正字法刺激诱发了更大的 N170, 且两者差异在左半球更明显。而正字法刺激的三种不同类型刺激之间的 N170 峰值差异不显著。Chauncey, Holcomb 和 Grainger (2008)采用启动范式探究 N170 的成分, 其实验结果出现了正字法启动效应, 且字体和大小写的改变均对 N170 的没有影响。这些实验都证明了 N170 成分反映了正字法的加工过程。

除了拼音文字认知的研究外, 汉字认知的 N170 研究为揭示 N170 的本质和字词加工过程提供了更多线索。汉字属于象形文字, 在构词法、形音义关系和正字法水平上都和字母文字有很大的不同, 所以其实验结果也会有差异。就汉字认知的研究结果来看, 其偏侧化问题还没有一个较为统一的定论。如 Liu 和 Perfetti (2003)发现, 汉字能够诱发比英文更负的 N170, 且其激活区域为双侧的枕区。Kim, Yoon 和 Park (2004)等人采用汉字、韩语、英文和图形作为实验材料进行实验, 结果发现汉字和图形诱发的 N170 均没有出现明显的左侧化。Lu, Tang, Zhou 和 Yu (2011)的实验选用高频汉字, 结果发现真字的 N170 峰值显著强于假字, 而且出现了左侧化。Lin, Chen, Zhao, Li, He 和 Weng (2011)后续进一步控制实验条件, 选取中文真字、不能发音的假字和假部件为实验材料进行实验, 同样出现了左侧化。而舒德华和王权红(2013)的结果显示, 在低频汉字中, 畸变字比清晰字诱发更大的 N170, 而且右侧头皮枕颞区大于左侧, 说明在纯粹的汉字正字法加工研究中, 正字法加工主要位于右半球。

前面提到 Lee, Tsai, Huang, Hung 和 Tzeng (2006)的实验结果表明 N170 对声旁一致性敏感。这一实验证据支持“N170 与正字法加工和形音转换的水平有关”的观点。最近, Zhou, Fong, Minett, Peng 和 Wang (2014)采用启动范式, 启动字是分别和靶字部件语音相关和靶字整字语音相关的汉字, 要求被试判断启动字和靶字语义是否相关。结果发现, 与部件语音相关的启动字能够诱发更大的 N170, 出现部件干扰效应, 即当启动字和靶字的一个部件读音相似时, 会诱发更高的 N170。而与整字语音相关的启动字并没有引发整字干扰效应。这一结果恰恰反映了部件的语音激活作用, 表明了部件语音表征和正字法表征的自动联结。部件相关启动首先会激活靶字部件的读音, 当靶字呈现时, 通过语音和正字法的自动连接, 通过自上而下的影响有利于靶字部首的正字法激活。而整字干扰效应的隐蔽说明在在这一阶段的 N170 中, 整字的正字法表征还没有被激活, 恰恰证明了“N170 与词汇前的正字法加工相关”这样观点。

#### 4. N170 的研究范式

目前对 N170 的研究范式或被试任务主要有: 内隐范式、词汇判断任务、方向判断任务、目标判断任务、学习 - 再认实验范式、启动范式等。采用不同的研究范式有助于从不同的研究角度探讨、比较 N170 的成分, 以期找出 N170 的本质。

Bentin, Hammer 和 Cahan (1991)采用外显的阅读任务, 选取真词、符合正字法规则的假词和非词为实验材料进行实验, 发现这三种刺激的 N170 峰值差异不显著。Bentin 等(1999)进一步研究, 采用内隐的视觉任务, 结果发现符合正字法的字词刺激在大脑左侧能够产生更负的 N170, 而在大脑右侧刚好相反。Schendan, Ganis 和 Kutas (1998)选取真词、假词和不能发音的辅音串进行实验, 以期排除语音的影响, 证实了 N170 对正字法的敏感性。Spironelli 和 Angrilli (2007)采用不同的实验任务类型进行实验, 发现刺激的物理属性对 N170 成分无影响, 而正字法任务对 N170 成分的影响显著。

除了正字法对 N170 有影响外, 还有一些研究范式为说明 N170 可能受字词语义的影响提供了证据。如 Segalowitz 和 Zheng (2009)采用词汇判断任务, 要求对真词、假词和非词判断。他们一共进行了两个实验, 实验一中的所有真词同属于一个范畴, 实验二中的真词材料不属于同一个范畴。研究结果发现, 实



验一中的 N170 峰值显著大于实验二的 N170 峰值。进一步分析发现, 实验一中的真词所诱发的 N170 显著大于实验二中的真词诱发的 N170, 而假词的 N170 峰值差异不显著, 这表明字词加工在 170 ms 就有词汇通达。McCarthy 和 Nobre (1993) 认为, 注意的程度会影响 N170 成分。他们研究发现, 受到注意的字词所诱发的 N170 强于不受注意的字词的 N170。Aranda, Madrid, Tudela 和 Ruz (2010) 选取性别判断任务, 按照线索范式呈现目标刺激(字词、人脸)进行实验。结果发现, 注意影响具体类别范式中的 N170 偏侧化。

启动范式是研究 N170 的一个重要的研究范式。研究发现, 先后呈现两个刺激时, 先呈现的刺激会对后呈现的刺激产生影响, 从而使后呈现的刺激所诱发的神经激活下降, 这种现象被称为启动效应。启动效应能够帮助研究者对不同刺激之间的认知加工关系进行研究。Maurer, Rossion 和 McCandliss (2008) 为了比较人脸和英文在 N170 启动效应上的差异, 选取重复范式进行实验。实验要求被试在看到倒立的刺激时进行按键反应, 实验材料为人脸和英文, 以重复呈现和交替呈现两种方式呈现。数据显示, 人脸刺激产生了启动效应而英文刺激没有。其原因可能是人脸拥有相同的一级构形信息(眼睛位于鼻子上方, 鼻子位于嘴巴上方), 因此先呈现的人脸会促进对后呈现的人脸的加工编码, 从而导致其 N170 的激活下降(Mercure, 2011)。

## 5. N170 的神经机制

刚出生不久的婴儿已经能够对面孔产生注意, 面孔失认症的病人尽管可以描述面孔的特征, 但是却没有办法识别面孔, 尽管他们识别其他物体的能力可能相当完好。这些事实可能说明在人类的大脑中存在一个先天的面孔特异性神经基础。认知神经学家们做了大量的研究, 探讨人脑加工人脸和字词等专家化刺激物体的神经机制。早期对脸盲症病人的研究发现, 导致他们面孔加工功能受损或者丧失的原因是其颞枕区受损。利用功能核磁共振成像技术等对 N170 进行进一步研究, 发现了在大脑的梭状回(fusiform gyrus)区域有专门负责面孔识别的面孔特异区域, 即梭状回面孔区 FFA (fusiform face area) (Kanwisher, 2000; Rajimehr, Young, & Tootell, 2009)。研究者在研究汉字认知的 N170 时, 也发现在大脑左侧梭状回存在 VMFA (Visual Word Form Area) 区域。与其他非字词刺激相比, 字词刺激能够更大地激活大脑左侧梭状回和枕颞沟区域(Puce, Alison, Asgari, Gore, & McCarthy, 1996; Polk et al., 2002; Sergent, Ohta, MacDonald, & Zuck, 1994)。然而这些实验证据并不能直接确定 N170 的源脑区。大脑左半球被认为是处理言语信息的中枢, 而大脑右半球被认为处理空间几何的功能, 这种大脑半球优势似乎可以为解释 N170 偏侧化现象提供证据支持。

## 6. 研究展望

研究者们对 N170 进行了大量的研究, 取得了一定的进展。但是这仅仅是 N170 研究的一个起步。目前对 N170 的研究, 人们主要集中探知面孔和字词的 N170 成分, 证明大脑对面孔识别和字词识别都有特异性, 并且对面孔和字词认知的 N170 成分敏感性研究有了比较一致的结论。很多研究表明, 人脸比非人脸诱发更负的 N170, 字词刺激也比非字词刺激诱发更负的 N170。然而关于 N170 的研究还有很多值得研究者探索的地方。首先, N170 的神经机制目前尚无法确定。目前的很多实验特别是脑成像实验发现存在面孔识别的梭状回面孔区(FFA)和视觉文字加工的脑左梭状回区(VMFA), 但没有更多的直接证据表明 N170 的源脑区, 文本推测 N170 并不存在唯一的源脑区, 还需要更多的专家化刺激实验去发现和证实。其次, 字词 N170 的偏侧化问题。以往的研究结果显示, 字母语言研究中的 N170 成分比较一致出现了左侧化的结果, 但是汉字 N170 的研究结果发现这种偏侧化是不一致的, 有研究发现是双侧化, 有的研究则发现是右侧化或者没有出现偏侧化。那么为什么会呈现不一样的结果, 不同偏侧化是否代表了汉字 N170 成分的不同功能? 这些问题仍需要进一步探讨。其三, 目前对 N170 的本质问题仍没有很清晰

的认识。人脸 N170 成分是否反映面孔加工的特异性? 字词 N170 是否反映了正字法加工过程和形音转换的水平? 两者的 N170 成分是否有相似之处? 是否可以用刺激的相似密度去解释 N170 效应? 本文推测, 在个体的专家化知识范围内, 靶刺激与同类型刺激的相似度越高, 需要激活已储存的专家化知识就越多, 从而诱发的 N170 峰值越大, 产生自上而下的影响促进靶刺激的激活。解决这些问题可能需从更深层次的角度去探知 N170 成分。同时, 若期望能够深入的探讨视觉认知的脑神经基础, 可能需要依赖更多多样化的研究手段和更巧妙的设计方案, 从多角度探索视觉认知加工的 N170 成分。

在今后的研究中, 可能有以下几个改进的方面: 首先, 从多角度去探索视觉认知的 N170 成分。现有的关于 N170 的研究多数关注的是人脸和字词认知, 并且已经有大量的实验证据证明了大脑对其二者的敏感性。研究者们可以尝试对不同的专家化刺激进行实验, 探索 N170 成分的本质。第二, 可以尝试在不同刺激类型之间进行跨类别的研究。一个刺激对另一个刺激加工的影响可能反映出两者之间可能存在某种联系和相似之处。研究者可以尝试关注面孔和字词 N170 成分之间的关系。这对于理解 N170 成分有重要意义。第三, 汉字的 N170 研究有待进一步探索。目前, 关于汉字 N170 的偏侧化问题还没有一个相对一致的定论。汉字的正字法效应能够对字词认知的 N170 成分研究提供更多的证据。除此之外, 还需要多考虑实验任务对结果的影响。不同的实验范式对 N170 的成分会有不同程度的影响。现在关于 N170 的研究还在初步阶段, 探索研究需要研究者们设计更巧妙的实验和付出更多的努力。

## 参考文献 (References)

- 舒德华, 王权红(2013). 汉字识别中字形畸变和语境的 ERP 效应. *心理科学*, 36(5), 1037-1042.
- Aranda, C., Madrid, E., Tudela, P., & Ruz, M. (2010). Category Expectations: A Differential Modulation of the N170 Potential for Faces and Words. *Neuropsychologia*, 48, 4038-4045. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.10.002>
- Bentin, S., Allison, T., Puce, A., Perez, E., & McCarthy, G. (1996). Electrophysiological Studies of Face Perception in Humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 8, 551-565. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.1996.8.6.551>
- Bentin, S., Hammer, R., & Cahan, S. (1991). The Effects of Aging and First Grade Schooling on the Development of Phonological Awareness. *Psychological Science*, 2, 271-274. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9280.1991.tb00148.x>
- Bentin, S., Mouchetant-Rostaing, Y., Giard, M., Echallier, J., & Pernier, J. (1999). ERP Manifestations of Processing Printed Words at Different Psycholinguistic Levels: Time Course and Scalp Distribution. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 11, 235-260. <http://dx.doi.org/10.1162/089892999563373>
- Bötzel, K., & Grüsser, O. J. (1989). Electric Brain Potentials Evoked by Pictures of Faces and Non-Faces: A Search for "Face-Specific" EEG-Potentials. *Experimental Brain Research*, 77, 349-360. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00274992>
- Bukach, C. M., Gauthier, I., & Tarr, M. J. (2006). Beyond Faces and Modularity: The Power of an Expertise Framework. *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 159-166. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2006.02.004>
- Cao, X., Li, S., Zhao, J., Lin, S. E., & Weng, X. (2011). Left-Lateralized Early Neurophysiological Response for Chinese Characters in Young Primary School Children. *Neuroscience Letters*, 492, 165-169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2011.02.002>
- Chauncey, K., Holcomb, P. J., & Grainger, J. (2008). Effects of Stimulus Font and Size on Masked Repetition Priming: An Event-Related Potentials (ERP) Investigation. *Language and Cognitive Processes*, 23, 183-200. <http://dx.doi.org/10.1080/01690960701579839>
- Dehaene, S., Le Clec'H, G., Poline, J. B., Le Bihan, D., & Cohen, L. (2002). The Visual Word Form Area: A Prelexical Representation of Visual Words in the Fusiform Gyrus. *Neuroreport*, 13, 321-325. <http://dx.doi.org/10.1097/00001756-200203040-00015>
- Diamond, R., & Carey, S. (1986). Why Faces Are and Are Not Special: An Effect of Expertise. *Journal of Experimental Psychology: General*, 115, 107-117. <http://dx.doi.org/10.1037/0096-3445.115.2.107>
- Dien, J. (2009). The Neurocognitive Basis of Reading Single Words as Seen through Early Latency ERPs: A Model of Converging Pathways. *Biological Psychology*, 80, 10-22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.04.013>
- Gauthier, I., Tarr, M. J., Moylan, J., Skudlarski, P., Gore, J. C., & Anderson, A. W. (2000). The Fusiform "Face Area" Is Part of a Network That Processes Faces at the Individual Level. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12, 495-504. <http://dx.doi.org/10.1162/089892900562165>

- Itier, R. J., Latinus, M., & Taylor, M. J. (2006). Face, Eye and Object Early Processing: What Is the Face Specificity? *Neuroimage*, 29, 667-676. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.07.041>
- Jeffreys, D. A. (1989). A Face-Responsive Potential Recorded from the Human Scalp. *Experimental Brain Research*, 78, 193-202. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00230699>
- Joyce, C., & Rossion, B. (2005). The Face-Sensitive N170 and VPP Components Manifest the Same Brain Processes: The Effect of Reference Electrode Site. *Clinical Neurophysiology*, 116, 2613-2631. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinph.2005.07.005>
- Kanwisher, N. (2000). Domain Specificity in Face Perception. *Nature Neuroscience*, 3, 759-763. <http://dx.doi.org/10.1038/77664>
- Kim, K. H., Yoon, H. W., & Park, H. W. (2004). Spatiotemporal Brain Activation Pattern during Word/Picture Perception by Native Koreans. *NeuroReport*, 15, 1099-1103. <http://dx.doi.org/10.1097/00001756-200405190-00003>
- Le Grand, R., Mondloch, C. J., Maurer, D., & Brent, H. P. (2003). Expert Face Processing Requires Visual Input to the Right Hemisphere during Infancy. *Nature Neuroscience*, 6, 1108-1112. <http://dx.doi.org/10.1038/nn1121>
- Lee, C. Y., Tsai, J. L., Huang, H. W., Hung, D. L., & Tzeng, O. J. (2006). The Temporal Signatures of Semantic and Phonological Activations for Chinese Sublexical Processing: An Event-Related Potential Study. *Brain Research*, 1121, 150-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2006.08.117>
- Lin, S. E., Chen, H. C., Zhao, J., Li, S., He, S., & Weng, X. C. (2011). Left-Lateralized N170 Response to Unpronounceable Pseudo but Not False Chinese Characters—The Key Role of Orthography. *Neuroscience*, 190, 200-206. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroscience.2011.05.071>
- Liu, Y., & Perfetti, C. A. (2003). The Time Course of Brain Activity in Reading English and Chinese: An ERP Study of Chinese Bilinguals. *Human Brain Mapping*, 18, 167-175. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.10090>
- Lu, Q., Tang, Y. Y., Zhou, L., & Yu, Q. (2011). The Different Time Courses of Reading Different Levels of Chinese Characters: An ERP Study. *Neuroscience Letters*, 498, 194-198. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2011.03.061>
- Maurer, U., Brandeis, D., & McCandliss, B. D. (2005). Fast, Visual Specialization for Reading in English Revealed by the Topography of the N170 ERP Response. *Behavioral and Brain Functions*, 1, 13. <http://dx.doi.org/10.1186/1744-9081-1-13>
- Maurer, U., Rossion, B., & McCandliss, B. D. (2008). Category Specificity in Early Perception: Face and Word N170 Responses Differ in Both Lateralization and Habituation Properties. *Frontiers in Human Neuroscience*, 2, 1-7. <http://dx.doi.org/10.3389/neuro.09.018.2008>
- McCarthy, G., & Nobre, A. C. (1993). Modulation of Semantic Processing by Spatial Selective Attention. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, 88, 210-219. [http://dx.doi.org/10.1016/0168-5597\(93\)90005-A](http://dx.doi.org/10.1016/0168-5597(93)90005-A)
- Mercure, E., Cohen Kadosh, K., & Johnson, M. H. (2011). The N170 Shows Differential Repetition Effects for Faces, Objects, and Orthographic Stimuli. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5, 1-10. <http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2011.00006>
- Polk, T. A., Stallcup, M., Aguirre, G. K., Alsop, D. C., D'esposito, M., Detre, J. A., & Farah, M. J. (2002). Neural Specialization for Letter Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 145-159. <http://dx.doi.org/10.1162/089892902317236803>
- Puce, A., Allison, T., Asgari, M., Gore, J. C., & McCarthy, G. (1996). Differential Sensitivity of Human Visual Cortex to Faces, Letterstrings, and Textures: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *The Journal of Neuroscience*, 16, 5205-5215. [http://dx.doi.org/10.1016/s1053-8119\(96\)80364-8](http://dx.doi.org/10.1016/s1053-8119(96)80364-8)
- Rajimehr, R., Young, J. C., & Tootell, R. B. (2009). An Anterior Temporal Face Patch in Human Cortex, Predicted by Macaque Maps. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 1995-2000. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0807304106>
- Rebai, M., Poiroux, S., Bernard, C., & Lalonde, R. (2001). Event-Related Potentials for Category-Specific Information during Passive Viewing of Faces and Objects. *International Journal of Neuroscience*, 106, 209-226. <http://dx.doi.org/10.3109/00207450109149750>
- Rossion, B., & Jacques, C. (2008). Does Physical Interstimulus Variance Account for Early Electrophysiological Face Sensitive Responses in the Human Brain? Ten Lessons on the N170. *Neuroimage*, 39, 1959-1979. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.10.011>
- Rossion, B., Gauthier, I., Tarr, M. J., Despland, P., Bruyer, R., Linotte, S., & Crommelinck, M. (2000). The N170 Occipito-Temporal Component Is Delayed and Enhanced to Inverted Faces but Not to Inverted Objects: An Electrophysiological Account of Face-Specific Processes in the Human Brain. *Neuroreport*, 11, 69-72. <http://dx.doi.org/10.1097/00001756-200001170-00014>
- Schendan, H. E., Ganis, G., & Kutas, M. (1998). Neurophysiological Evidence for Visual Perceptual Categorization of Words and Faces within 150 ms. *Psychophysiology*, 35, 240-251. <http://dx.doi.org/10.1111/1469-8986.3530240>

- Segalowitz, S. J., & Zheng, X. (2009). An ERP Study of Category Priming: Evidence of Early Lexical Semantic Access. *Biological Psychology*, 80, 122-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.04.009>
- Sergent, J., Ohta, S., Macdonald, B., & Zuck, E. (1994). Segregated Processing of Facial Identity and Emotion in the Human Brain: A PET Study. *Visual Cognition*, 1, 349-369. <http://dx.doi.org/10.1080/13506289408402305>
- Spironelli, C., & Angrilli, A. (2007). Influence of Phonological, Semantic and Orthographic Tasks on the Early Linguistic Components N150 and N350. *International Journal of Psychophysiology*, 64, 190-198. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2007.02.002>
- Tanaka, J. W., & Curran, T. (2001). A Neural Basis for Expert Object Recognition. *Psychological Science*, 12, 43-47. <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.00308>
- Wong, A. C., Gauthier, I., Woroch, B., Debuse, C., & Curran, T. (2005). An Early Electrophysiological Response Associated with Expertise in Letter Perception. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 5, 306-318. <http://dx.doi.org/10.3758/CABN.5.3.306>
- Zhao, J., Li, S., Lin, S. E., Cao, X. H., He, S., & Weng, X. C. (2012). Selectivity of N170 in the Left Hemisphere as an Electrophysiological Marker for Expertise in Reading Chinese. *Neuroscience Bulletin*, 28, 577-584. <http://dx.doi.org/10.1007/s12264-012-1274-y>
- Zhou, L., Fong, M. C. M., Minett, J. W., Peng, G., & Wang, W. S. (2014). Pre-Lexical Phonological Processing in Reading Chinese Characters: An ERP Study. *Journal of Neurolinguistics*, 30, 14-26. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneuroling.2014.03.002>