

声旁家族规则性对家族大小的脑电P200效应的调节作用

秦迎晨, 梁 莉, 王权红*

西南大学心理学部, 重庆

收稿日期: 2022年10月9日; 录用日期: 2022年11月7日; 发布日期: 2022年11月14日

摘 要

本研究以大学生为被试, 采用同一字判断任务, 记录目标字引发的事件相关脑电位, 对声旁家族规则性对家族大小的调节作用进行了研究。结果显示, 在不规则家族下大家族比小家族引发了更小的P200波幅, 即波幅上的家族促进效应; 而在规则家族下, 大小家族间的差异不显著。结果初步表明, 由于多数家族成员与声旁同音, 规则声旁大家族的反馈比小家族受到声旁更大的干扰, 抵消大家族反馈的优势, 进而抵消早期声加工优势, 导致大家族的P200促进消失。

关键词

声旁家族规则性, 亚字声旁加工, 整字层侧抑制, P200

The Moderating Effect of Neighborhood Regularity on the P200 Effect of Phonetic-Radical Neighborhood Size

Yingchen Qin, Li Liang, Quanhong Wang*

Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing

Received: Oct. 9th, 2022; accepted: Nov. 7th 2022; published: Nov. 14th, 2022

Abstract

In recent years, there has been an increasing research on the phonetic-radical neighborhood size (NS) effects in Chinese character recognition. But the NS effects reported are inconsistent, some-

*通讯作者。

times being either facilitative or inhibitory, and the causes are in debate. No neighborhood regularity has been considered as a cause. A regular neighborhood is defined by a high ratio of neighborhood members that are homophonic to the phonetic radical to the members that are not. It has been assumed that a part of a word string can be represented in both the whole-word layer and the sub-lexical layer. Thus, it is proposed here that the phonetic radical of a regular neighborhood will be able to inhibit its regular members and reduce their feedbacks to the radical in the sub-lexical layer. The purpose of this study is to test this proposal. The experimental design was 2 (regular vs. irregular neighborhood) \times 2 (large vs. small NS). The delayed character-matching task was used, judging whether the target and the probed presented in sequence were the same words in identity. The experimental results of 25 participants showed that for the irregular neighborhoods, large NS elicited smaller P200 amplitude than small NS targets, indicating a normal NS effect. Conversely, as expected from the proposal, for the regular neighborhoods, there is no significant difference in P200 between the large and small NS, indicating disappearance of the NS effect. The disappearance of the NS effect in the regular neighborhoods suggests that the phonetic radical of a regular neighborhood is able to inhibit its regular members and thus reduce the feedbacks to the radical in the sub-lexical layer. These results are further in line with the assumptions of the IA model and the assumption that a part of a word string can be represented in both the whole-word layer and the sub-lexical layer.

Keywords

Phonetic-Radical Regularity, Sub-Lexical Processing, Lexical Layer Suppression, P200

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

形声字在汉字中占据了很大的比例，它由一个形旁和声旁组成；多数研究认为形旁在汉字识别中为汉字提供语义信息，而声旁在其中提供了语音信息。声旁作为一个可发音的亚字，其在汉字识别中发挥怎么样的作用，是一个可以借助声旁家族(大小)效应去深入探究的重要问题。

声旁家族效应的研究源于英文正字法家族效应的研究，Coltheart et al. (1977)把正字法“家族大小”定义为，改变目标单词(或非词)的一个字母而不改变字母的位置所形成的其它单词的个数。例如，cake的家族成员为care, coke, cave, bake, lake, make，其家族大小为6。Andrews (1989)采用词汇判断作为被试的任务，发现大家族低频目标词的反应速度快于小家族。发现了“家族大小的促进效应”，简称大家族或家族促进效应。声旁家族则是拥有同一个声旁的形声字的集合，其成员可称为“同声旁字”。声旁家族和英文家族类似，在词汇判断、命名任务下均产生大家族促进(Feldman & Siok, 1997; Li et al., 2015; 张积家, 姜敏敏, 2008)。

交互激活模型(Interactive-Activation Model, 简称IA模型; 中文版IA模型, Taft & Zhu, 1997)与家族促进关系密切。该模型认为, 在汉字加工过程中, 目标刺激会激活目标词自身, 同时还会激活家族成员。模型包含字母特征、字母、单音节单词三个层次(McClelland & Rumelhart, 1981), 层内和层间存在侧抑制、相互促进和自上而下的“反馈”。所谓反馈就是整词层上的家族成员和目标词的激活向下传播到下层尾字母串等(ca, ke, ake, are, oke, ave, ate ...)亚词单元。因此, Andrews (1989)认为, 相比小家族, 大家族的音节亚词或声旁亚字可能得到更多的家族成员反馈, 导致亚词字形加工易化, 从而引起家族促进效应。

近年家族促进的脑电研究也支持反馈易化的观点。首先,西班牙语和法语的同首音节大家族目标词以及声旁大家族早期引发波峰较小 P200 波幅,表现为 P200 上的大家族促进效应(Barber et al., 2004; Chetail & Mathey, 2012; Wu et al., 2012; Hsu et al., 2009)。有研究采用新的、类似正字法家族的汉字笔画家族,发现笔画大家族也比小家族引发更小的 P200 (毛媛等, 2017)。总之,只要家族成员反馈不受干扰,大家族便产生较小的 P200。

然而在英文中相比小家族大家族目标词的家族成员的读音与其更多的尾音字母串的读音近似(如 cake 的家族成员 cake、cate、bake 等的读音近似),因此反而引发更大的 P200 (Sereno et al., 1998; Taler & Phillips, 2007)。这符合 Grossberg (1991)词识别模型的预期。Grossberg 模型是对 IA 模型的补充,它认为词的字母串可以在整词层和亚词层同时表征。于是,由于在整词层上大家族更多的字母串与家族成员读音近似而抑制其反馈,导致 P200 增大。而西班牙语和法语缺乏这种所谓的尾音字母串,不存在大家族的家族成员反馈受更多的尾音字母串抑制。

同理,声旁可以在整字层和亚字层同时表征,因此只要整字层上的声旁与许多家族成员同音,也就是存在许多规则家族成员,那么它就抑制这些规则家族成员进而减小它们对亚字层上的声旁(亚字)早期加工的反馈;家族越大,声旁整字越强,反馈损失越大,P200 越大。这一假设得到了研究的初步支持。张春丽(2015)显示:与不规则家族相反,在多数成员与声旁整字同音的规则家族中,大规则家族字比小的反而引发了更大的 P200。李丽军(2017)进一步显示,规则家族字命名反应时的大家族促进反而小于不规则家族的。

除了家族促进研究,“声旁语音启动”研究也初步说明规则家族和不规则家族的区别。例如,Zhou et al. (2014)显示,启动字“琴”导致读音不规则家族不规则目标字“榛”引发更小的 P200。相反,Kong et al. (2012)发现,与规则家族目标字“雇”近似同音的启动字“楷”,使目标字引发更大的 P200。对于规则家族规则字来说,启动声旁就是启动规则家族规则字,且不妨认为,对于不规则家族的不规则字家族来说,声旁“秦”的同音异形启动“琴”会使声旁“秦”的字形加工易化。对于规则家族字则不然,尽管“楷”启动会使声旁“户”的字形加工有所易化,但是更重要的是它干扰读音接近的目标字“雇”和多数规则家族成员对声旁“户”的反馈,使 P200 增大。

总之,声旁家族成员同音对早期声旁亚字加工可能有干扰作用,这也是现有声旁语音启动效应及家族促进效应出现许多不一致的重要原因。当更强势的大家族声旁整字的语音与多数家族成员同音(或读音近似)时就更加抑制后者对亚字层声旁亚字的反馈,削弱早期声旁亚字加工,造成 P200 增大,抵消大家族促进,而当二者明显异音时削弱作用消失。对此,为了明确声旁家族成员同音的抑制作用,本研究将声旁家族划分为规则声旁家族(多数成员与声旁整字同音)与不规则声旁家族(仅个别成员与声旁整字同音),以考察规则家族和不规则家族各自的声旁家族促进的 P200 效应。同时,规定规则家族条件的目标字为规则字,不规则家族的为不规则字。本研究目的是,展示家族的规则性如何造成家族促进效应的变化。

2. 方法

2.1. 被试

被试为某大学本科生 25 人(男 12 人),年龄 18~24 周岁,均为右利手,视力或矫正视力正常,非语言文字或心理学专业,未参加过类似实验。所有被试均为自愿参加实验,实验后有相应报酬。

2.2. 实验设计

本实验为 2 家族规则性(规则家族,不规则家族) × 2 家族大小(大家族,小家族)的被试内设计。因此,

本实验共包括四种条件，规则大家族，规则小家族，不规则大家族，不规则小家族。

2.3. 材料

从《汉字声旁读音便查》(周有光, 1980)中数出每一个声旁组成的形声字个数, 并将声旁不发音的声旁家族排除掉。然后从每个家族中选出左形右声并且声旁比形旁笔画稍多的形声字。接着将其中的多音字、太过偏僻、使用频率极低的形声字剔除掉。然后统计出选出的汉字所在声旁家族的大小, 所有家族词的频率, 将家族词的频率从小到大进行排序。计算和这些汉字读音一致的家族词的个数以及比率。然后把声旁家族按其规则成员的读音与声旁同音(或读音相似)的家族成员的比率高、低区分为规则声旁家族和不规则声旁家族, 再按照家族成员字的绝对数量分为规则大家族, 规则小家族, 不规则大家族, 不规则小家族。共选取 192 个中低频的左形右声的形声字作为目标字, 四种条件即四类目标字各为 48 个。

汉字材料选取原则: 1) 左形右声的合体字; 2) 声旁是个简单字; 3) 每个字具有独立的含义, 所有字非多音字; 4) 每个汉字的笔画数差异不显著; 5) 其中小家族声旁所含成员个数为 1 到 6, 大家族声旁所含成员个数为 7 到 17, 家族大小差异显著。差异检验显示笔画数、字频、相对高频成员率、成员语音一致率差异均不显著分别是笔画数($F(3, 223) = 0.99, p = 0.40$), 字频($F(3, 223) = 0.21, p = 0.89$), 相对高频成员率($F(3, 223) = 0.79, p = 0.50$), 语音一致率($F(3, 223) = 2.36, p = 0.07$)。所有的探测字都进行模糊水平 6 的处理(模糊水平不高, 主要是排除字熟悉度的影响)。首先使用 Macromedia Flash 8 软件, 将每个汉字做成 245×245 像素的图片, 其中目标字的字号为 39、字体为楷体, 探测字字号为 39、字体为黑体(以排除二者物理上的相似性), 并且以 BMP 格式导出平滑图片, 保证每个字位于图片的最中心。然后用 PICFRAG 软件将用于做目标字的图片模糊化(Snodgrass & Hirshman, 1991), 模糊位置在图片中随机、平均分配的。然后用 Photoshop 软件将图片批处理, 进行反向和大小调整。最后所有汉字均以 45×45 像素黑底白字的图片呈现在 E-prime 程序中。每个目标字和探测字的水平和垂直的视角为 1.3° 。

2.4. 程序

每个试次(trial)呈现目标字和探测字。刺激由 E-prime 程序操控, 呈现在 21 英寸的主机黑色屏幕中央。被试坐在一张舒适的椅子上, 两眼注视正前方的屏幕中央, 双眼与屏幕距离约 70 厘米。屏幕会先出现一个清晰的目标字, 然后出现一个模糊探测字, 要求被试判断模糊刺激和清晰刺激是否是同一个字。练习实验(除实验材料外, 实验流程与正式实验完全相同), 要求正确率在 90% 以上才能进行正式实验。刺激呈现流程“如图 1”, 每个试次开始时都在屏幕中心出现一个 500 ms 的“+”, 接着呈现一个 200 ms 的空屏, 之后出现一个 300 ms 的刺激(目标字), 接着是 300 ms 的空屏, 然后在相同的位置出现一个 500 ms 的“?”的符号。之后再出现 200 ms 的空屏, 接着在相同位置呈现第二个汉字 1500 ms (探测字), 被试按键进行反应, 然后是 900 ms 的空屏后, 出现下一个试次。是否反应和左右手按键在四个程序之间进行轮转。正式实验分为六个 Blocks (组块)。每个 Block 中包含 32 个试次, 每个被试在一个程序中需要完成 192 个试次。

2.5. Electroencephalography (EEG)脑电图记录和数据分析

使用德国 Brain Products 公司的 64 导电极帽记录脑电, 以双耳乳突连线为参考电极, 接地点在 FPz 与 Fz 连线的中点, 同时记录水平眼电(HEOG)和垂直眼电(VEOG)。每个电极处的头皮电阻保持在 $5 \text{ k}\Omega$ 以下, 滤波带通为 $0.01 \sim 100 \text{ Hz}$, 采样频率为 500 Hz /电极, 自动剔除 $\pm 80 \mu\text{V}$ 之外的眼动、眨眼及其他伪迹产生的波幅的波。分析时程为刺激前 200 ms 到呈现后 1000 ms, 以 $-200 \sim 0 \text{ ms}$ 作为基线进行校正, 从而得到 ERPs。自动排除其他伪迹。离线滤波带通为 $0.1 \sim 30 \text{ Hz}$ 。根据得到的 ERPs 总平均波幅的分布和前

人的研究(Zhou et al., 2014), 主要考察目标刺激呈现后的 170~230 ms 作为计算 P200 峰值的时间窗口。有关电极点的选取, P200 选择 Fz, F3, F4, Pz, P3, P4, Cz, C3, C4, 共九个电极点进行分析。

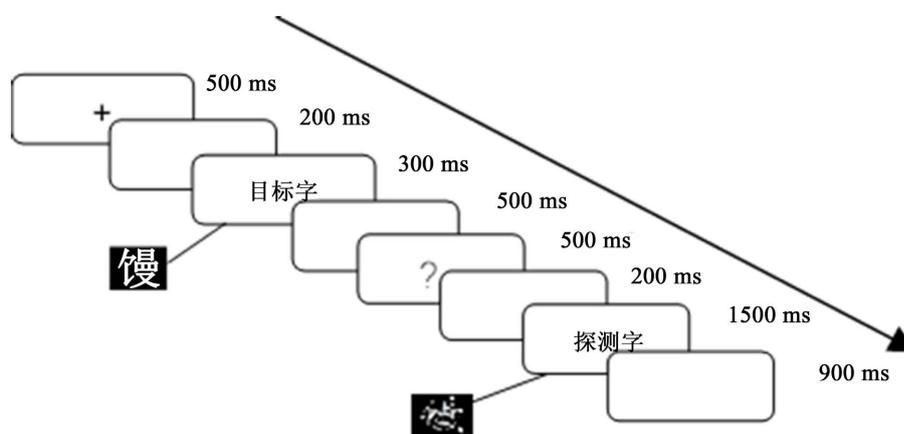


Figure 1. Stimulus presentation process

图 1. 刺激流程图

3. 结果

3.1. 行为结果

同一字判断反应正确率数据的两因素重复测量方差分析“如表 1”所示, 声旁家族大小主效应显著($F(1, 24) = 32.97, p < 0.05, \eta^2 = 0.58$), 小家族的正确率显著高于大家族; 规则性的主效应不显著, 二者之间的交互作用不显著。反应时数据的两因素重复测量方差分析显示, 声旁家族大小主效应显著($F(1, 24) = 20.98, p < 0.05, \eta^2 = 0.47$), 小家族的反应时显著短于大家族字, 规则性的主效应不显著, 两者之间存在交互作用($F(1, 24) = 6.47, p < 0.02, \eta^2 = 0.21$), 进一步的简单效应分析显示, 只有在不规则家族中存在显著的家族大小效应($F(1, 24) = 21.68, p < 0.05, \eta^2 = 0.48$), 小家族的反应时显著短于大家族。

Table 1. Mean and standard deviation of correct response time (ms) and correct rate

表 1. 正确反应时(毫秒)与正确率的平均数和标准差

	规则家族		不规则家族	
	大家族	小家族	大家族	小家族
反应时	594	587	609	581
(RT)	(96.90)	(90.79)	(99.69)	(88.54)
正确率	0.82	0.91	0.81	0.93
(ACC)	(0.89)	(0.051)	(0.14)	(0.06)

注: 括号内是标准差。

3.2. ERP 结果

P200 (170~230 ms)规则大家族, 规则小家族, 不规则大家族, 不规则小家族四种水平诱发的 ERPs 的平均波形图“如图 2”所示。通过下图可发现, 在 170~230 ms 时间窗口内, 规则大家族比规则小家族诱发更正即更大的波幅, 不规则大家族比不规则小家族的波形更偏负即波幅更小。这个波形成分类似于

P200, 其差异主要位于中前部头皮区域。对 150~200 ms 的 P200 峰值进行三因素重复测量方差分析, 即电极, 规则不规则家族, 家族大小方差分析。结果显示家族大小和规则性的交互作用显著($F(1, 24) = 4.79, p < 0.04, \eta^2 = 0.17$), 其他主效应和交互效应不显著。进一步简单效应分析结果发现, 只有在不规则家族中存在显著的家族大小简单效应($F(1, 24) = 6.854, p = 0.015, \eta^2 = 0.22$), 且小家族相较于大家族引发了更大的 P200 波幅。而规则家族中的家族大小简单效应不显著($F(1, 24) = 1.11, p = 0.30, \eta^2 = 0.12$), 但是其趋势相反即小家族引发更小的 P200。

N400 (300~500 ms)。对 N400 的波幅进行三因素方差分析, 没有发现显著的 N400 效应。

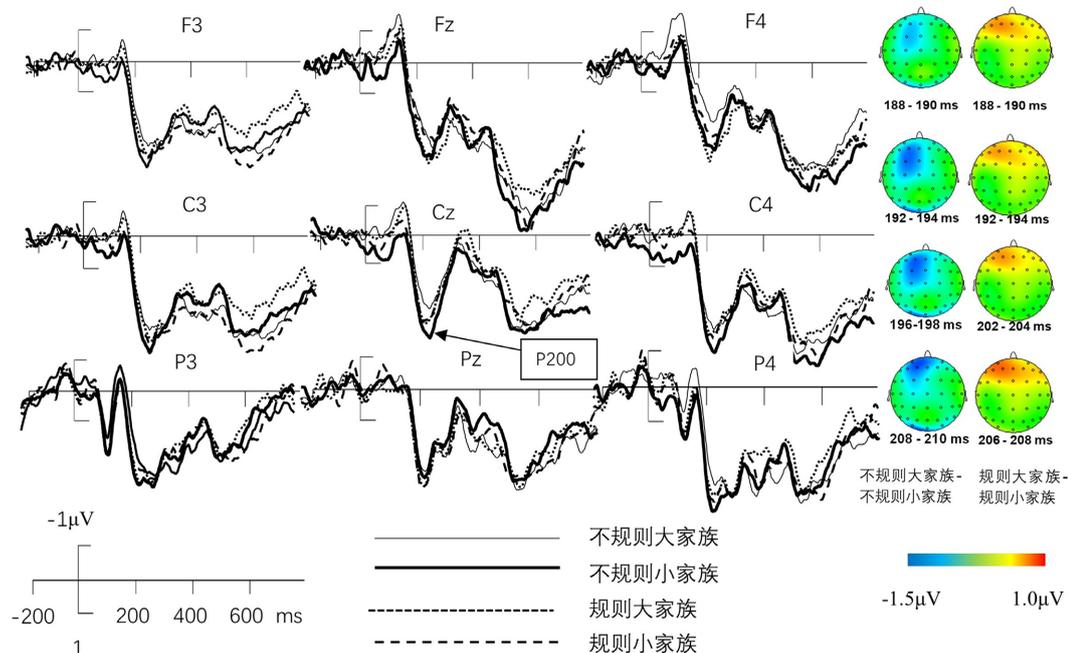


Figure 2. Left: The average amplitudes of four experimental conditions. Right: Topographical maps of the voltage amplitudes for neighborhood regularity (regular-irregular)

图 2. 家族规则性及大小的平均波幅和不同家族规则性的差异波地形图

4. 讨论

本研究从家族大小效应作为切入点, 考察了家族规则性是如何调节家族大小 P200 效应的, 以检验规则家族的同音规则声旁影响汉字早期加工的假设。首先, 大量的有关拼音文字的研究发现, 家族大小效应, 家族越大, 反应越快, 表现为家族促进。随后, 一些研究发现了类似于拼音文字的声旁家族促进效应(Li et al., 2015; 李丽军, 2017; 钱怡等, 2015; 张积家, 姜敏敏, 2008)。近期, 拼音和汉字 ERP 研究发现, 西班牙语和法语的同首音节大家族目标词早期引发波峰较小 P200, 表现为 P200 的大家族促进, 反映了首音节亚词或声旁亚字得到较多的家族成员的正常反馈, 导致亚字字形加工易化(Barber et al, 2004; Chetail & Mathey, 2012; Wu et al., 2012; Hsu et al., 2009; 毛媛等, 2017)。与之不同的是, 英文正字法家族成员词的尾音字母串的读音却与目标词近似(如 cake 的家族成员 cake、cate、bake 等的读音近似), 结果是大家族目标词反而引发更大的 P200 (Serenio et al., 1998; Taler & Phillips, 2007)。张春丽(2015)也初步显示, 与不规则家族相反, 在成员字与声旁读音近似的规则家族中, 大家族字比小家族的反而是引发了更大的 P200。由此, 本研究的假设是, 只要声旁(或英文的尾音字母串)与家族成员读音近似, 它们就会抑制家族成员进而减小家族成员对声旁(或尾音)的亚词反馈; 家族越大, 可能抑制的成员越多, P200 越大。

本研究在前人研究的基础上,对材料进行了更加严格的划分,以期能够更好地检验上述假设。在实验中我们采用了同一字判断任务,首先探究前人关于目标字规则性的研究是否混淆了目标字家族的规则性,也就是说在严格定义目标字的家族规则性以后,考察家族效应是否会有不同。我们预期排除不一致家族成员的干扰后,规则的家族目标字早期的字形加工会表现出家族大小抑制效应。其主要原因在于,规则目标字被激活的同时,声旁本身作为一个整字与规则家族成员一样也被激活了,因此,声旁也参与到整字层家族成员早期的竞争中去,与家族成员相互抑制,导致声旁家族成员对目标字声旁亚字的反馈减少,导致早期的字形加工易化被阻断,ERP结果上表现为大家族比小家族反而诱发更大的P200波幅。在不规则家族下,声旁与目标字不同音,且大多数家族成员也不同音,因此家族成员和目标字受到声旁的抑制较少,早期声旁亚字加工表现为正常的家族促进效应,ERP结果上表现为大家族比小家族诱发更小的P200波幅。实验结果显示家族规则性与家族大小存在显著的交互作用。进一步分析得到的简单效应显示,在不规则家族条件下,家族大小主效应显著,表现为大家族比小家族诱发了更小的P200波幅;而在规则家族条件下,家族大小主效应不显著,尽管如此,其趋势仍与与不规则家族条件下的相反,仍然符合我们假设的预期。

Andrews (1989)的家族反馈理论,可以对其进行解释。他认为,在词汇识别过程中,目标字单元被激活的同时,也会激活其声旁家族成员字单元,然后这二者就会激活其亚词汇层级的字母单元及字母串单元,这些被激活的字母及字母串单元又可以返回加强目标字单元的激活。因此当目标字的声旁家族成员越多,这些相同的亚字单元的激活被不断增强,这些被激活的亚词汇单元对目标字单元的反馈和再激活就越强,产生促进效应。在规则家族下,家族大小之间差异不显著,这与我们预期有一定程度的不同。我们预期声旁与同音家族成员之间会产生侧抑制,从而干扰了同音家族成员对声旁的字形反馈,使得早期声旁字形加工易化受到阻碍,引发大的P200,相比于小家族,大家族的同音声旁成员字更多,相互竞争,产生的侧抑制更大。因此,大家族比小家族诱发更大的P200波幅,表现出明显的家族抑制效应。但在规则家族下家族促进效应的消失本身在一定程度上肯定了我们的假设,我们推测大家族本身累积的家族促进效应与声旁的干扰反馈效应,同时发挥作用,因此来自声旁的反馈干扰和大家族本身的促进作用在一定程度上被抵消了,因此在P200上没有表现出差异。这些结果也与Grossberg (1991)识别模型一致。Grossberg模型是对IA模型的补充,整词的字母串可以在整字层和亚词层同时表达。同样,整字的声旁可以在整字层和声旁亚字层同时表达,于是,由于整字层上声旁与同层家族成员读音近似而抑制、减小家族成员的反馈,导致P200增大。

5. 结论

1) 汉字加工过程中的声旁家族P200有促进效应也有促进消失效应。在不规则家族上表现为促进效应;在规则家族下表现为促进效应消失。

2) 在规则家族中同音声旁整字会干扰家族成员对亚字层上的声旁亚字的反馈。家族越大,声旁整字激活越强势,规则家族成员受抑制程度越大,对声旁亚字字形的反馈受到更大的干扰,声旁早期加工因反馈而造成的易化被阻断,导致更大的P200波幅。

参考文献

- 李丽军(2017). 汉字家族效应: 语音总体激活与侧抑制机制. 硕士学位论文, 重庆: 西南大学.
- 毛媛, 董静, 王权红(2017). 汉字正字法家族效应的ERP研究. *心理科学*, 40(3), 534-539.
- 钱怡, 张逸玮, 毕鸿燕(2015). 汉字识别中的形旁家族效应. *人类工效学*, 21(3), 25-30.
- 张春丽(2015). 部件及声旁家族在汉字识别中的N400效应. 硕士学位论文, 重庆: 西南大学.

- 张积家, 姜敏敏(2008). 形旁家族、声旁家族和高频同声旁字对形声字识别的影响. *心理学报*, 40(9), 947-960.
- 周有光(1980). *汉字声旁读音便查*. 吉林人民出版社.
- Andrews, S. (1989). Frequency and Neighborhood Effects on Lexical Access: Activation or Search? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 802-814. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.15.5.802>
- Barber, H., Vergara, M., & Carreiras, M. (2004). Syllable-Frequency Effects in Visual Word Recognition: Evidence from ERPs. *Neuroreport*, 15, 545-548. <https://doi.org/10.1097/00001756-200403010-00032>
- Chetail, F., & Mathey, S. (2012). Effect of Syllable Congruency in Sixth Graders in the Lexical Decision Task with Masked Priming. *Scientific Studies of Reading*, 16, 537-549. <https://doi.org/10.1080/10888438.2011.607480>
- Coltheart, M., Davelaar, E., Jonasson, J. T., & Besner, D. (1977). Access to the Internal Lexicon. In S. Dornic (Ed.), *Attention and Performance* (Vol. VI, pp. 535-555). Erlbaum. <https://doi.org/10.4324/9781003309734-29>
- Feldman, L. B., & Siok, W. W. T. (1997). The Role of Component Function in Visual Recognition of Chinese Characters. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 23, 776-781. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.23.3.776>
- Grossberg, S. (1991). Unitization, Automaticity, Temporal Order, and Word Recognition. In G. A. Carpenter, & S. Grossberg (Eds.), *Pattern Recognition by Self-Organizing Neural Networks* (pp. 593-614). MIT Press.
- Hsu, C. H., Tsai, J. L., Lee, C. Y., & Tzeng, O. J. L. (2009). Orthographic Combinability and Phonological Consistency Effects in Reading Chinese Phonograms: An Event-Related Potential Study. *Brain and Language*, 108, 56-66. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2008.09.002>
- Kong, L., Zhang, B., Zhang, J. X., & Kang, C. (2012). P200 Can Be Modulated by Orthography Alone in Reading Chinese Words. *Neuroscience Letters*, 529, 161-165. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.09.028>
- Li, M.-F., Lin, W.-C., Chou, T.-L., Yang, F.-L., & Wu, J.-T. (2015). The Role of Orthographic Neighborhood Size Effects in Chinese Word Recognition. *Journal of Psycholinguist Research*, 44, 219-236. <https://doi.org/10.1007/s10936-014-9340-4>
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1981). An Interactive Activation Model of Context Effects in Letter Perception: I. An Account of Basic Findings. *Psychological Review*, 88, 375-407. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.88.5.375>
- Sereno, S. C., Rayner, K., & Posner, M. I. (1998). Establishing a Time-Line of Word Recognition: Evidence from Eye Movements and Event-Related Potentials. *Neuroreport*, 9, 2195-2200. <https://doi.org/10.1097/00001756-199807130-00009>
- Snodgrass, J. G., & Hirshman, E. (1991). Theoretical Explorations of the Bruner-Potter 1964 Interference Effect. *Journal of Memory and Language*, 30, 273-293. [https://doi.org/10.1016/0749-596X\(91\)90037-K](https://doi.org/10.1016/0749-596X(91)90037-K)
- Taft, M., & Zhu, X. (1997). Submorphemic Processing in Reading Chinese. *Journal of Experimental Psychology Learning Memory & Cognition*, 23, 761-775. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.23.3.761>
- Taler, V., & Phillips, N. A. (2007). Event-Related Potential Evidence for Early Effects of Neighborhood Density in Word Recognition. *Neuroreport*, 8, 1957-1961. <https://doi.org/10.1097/WNR.0b013e3282f202f5>
- Wu, Y., Mo, D., Tsang, Y. K., & Chen, H. C. (2012). ERPs Reveal Sub-Lexical Processing in Chinese Character Recognition. *Neuroscience Letters*, 514, 164-168. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2012.02.080>
- Zhou, L., Fong, C. M., Minett, J. W., Peng, G., & Wang, S. Y. (2014). Pre-Lexical Phonological Processing in Reading Chinese Characters: An ERP Study. *Journal of Neurolinguistics*, 30, 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2014.03.002>