

汉字表征的中央凹分割: 来自汉字左半错读患者的证据*

单春雷^{1,2} 王彤¹ 于美霞¹ 赵晓瑜³ 吕志宿³ 张志强⁴ 卢光明⁴ 罗本燕³ 翁旭初²

摘要

目的:从认知神经心理学角度验证汉字的中央凹表征是分割的还是双重的。

方法:对1例脑梗死病灶累及左腹内侧枕颞区和胼胝体压部左侧导致右视野同向偏盲但保留右半中央凹视野的患者KY,进行一系列中央凹范围内的汉字朗读检查,包括:注视左右结构合体字中点的中央注视速视朗读,左右半中央凹视野的分视野速视朗读。

结果:KY对于注视合体字中点的汉字,朗读时出现左半错读现象,表现为左半部件的替代或遗漏。对于呈现在左、右半中央凹视野的汉字朗读,则出现左视野失读现象。

结论:中央凹内汉字的表征是分割的,即左中央凹内汉字信息仅在右枕表征,右中央凹内汉字仅在左枕表征。实验结果无法用中央凹双重表征理论解释。

关键词 中央凹分割理论;双重投射理论;左半错读;左视野失读;纯失读;胼胝体压部;视觉词形区

中图分类号:R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2010)-11-1051-05

Foveal splitting for Chinese characters representation—evidence from left hemiparalexia for Chinese characters/ SHAN Chunlei, WANG Tong, YU Meixia, et al//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2010, 25 (11): 1051—1055

Abstract

Objective: To verify Chinese character representation is whether foveal splitting or bilateral representation, by adopting cognitive neuropsychological approaches.

Method: KY, a patient suffering from lesions in the left ventral mesial occipitotemporal area and splenium corporis callosus: was asked to read Chinese characters presented tachistoscopically in the central foveal area or in the left/right half of the foveal area.

Result: KY showed left hemiparalexia for characters presented in the central foveal area, characterized by substituting or omitting the left radicals of these characters. Left hemialexia happened when KY read characters in the left half fovea.

Conclusion: Chinese character representation in foveal area is splitting, namely left radical of each character or characters in left half foveal area are just represented in right occipital cortex and right radical of each character or characters in right half foveal area are just represented in left occipital cortex. The results cannot be explained by bilateral projection theory.

Author's address The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, 210029

Key words foveal splitting theory; bilateral projection theory; left hemiparalexia; left hemialexia; pure alexia; splenium of corpus callosum; visual word form area

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2010.11.008

*基金项目:国家杰出青年基金“汉字加工的认知神经科学研究”(30425008)

1 南京医科大学第一附属医院康复医学科,南京,210024; 2 中国科学院心理研究所; 3 浙江大学第一附属医院神经内科; 4 中国人民解放军南京军区南京总医院放射科

作者简介:单春雷,男,博士,副主任医师; 收稿日期:2010-01-31

人们普遍认为,当注视某点时,注视点右侧的视觉信息(在右视野)投射到左大脑半球的视觉皮质,而注视点左侧的视觉信息(在左视野)投射到右大脑半球的视觉皮质。然而,对于沿着垂直子午线(vertical meridian)的左右半视野交界处的中央凹区(fovea area)(2°视角左右^[1])的视觉信息是如何表征的目前观点尚不一致^[2-5]。

传统的来自灵长类动物组织学观点认为,视网膜垂直子午线两侧较小范围内存在交织重叠的纤维,中央凹的信息通过这些交织的纤维束可投射到对侧以及同侧枕叶而实现双重表征、两个“拷贝”^[6-8]。然而,另一些研究者在文字识别的行为学研究中没有找到中央凹双重表征的证据,提出了中央凹表征分割的理论(split-fovea theory, SFT),即认为中央凹视觉信息沿着垂直子午线绝对分割^[9-13]。目前对于文字的中央凹分割表征研究的一个不足是,绝大多数都是用正常被试,正常的胼胝体存在左右半球间相互抑制^[14-15],不排除即使中央凹信息存在双重视觉皮质表征,但由于一侧占优势(如文字的左半球优势)抑制了另一侧,从而双侧表征无法被发现。

胼胝体压部(splenium of corpus callosum)破坏或中断为揭示文字中央凹表征特点提供了非常理想的机会。因为压部通路尤其是跨越侧脑室上部的枕大钳纤维(major forceps)是传递视觉词形信息重要通路^[16-17]。该胼胝体通路中断后,双侧枕叶视觉词形信息的相互抑制作用势必消失,如果存在文字的中央凹双重表征,在胼胝体压部通路中断情况下则会表现出来。

本研究对1例MRI显示胼胝体压部左侧及左腹内侧枕颞区梗死,但保留左中部梭状回文字加工中枢即“视觉词形区”(visual word form area, VW-FA)的阅读障碍患者KY^[18-19],检查其对中央凹范围内汉字的朗读情况,对汉字的中央凹表征是分割还是双侧表征的性质予以检验。

1 对象与方法

1.1 研究对象

患者KY,男,80岁,右利手,大学退休教授。2003年9月因阅读困难,右侧肢体麻木两月左右来

我院就诊,经神经心理学检查结合MRI、单光子发射计算机体层扫描(single photon emission computed tomography, SPECT)诊断为纯失读症(pure alexia)。当时表现为汉字朗读和理解功能受损,阅读错误为形近字错读,如把“捉”读成“提”,“七”读成“十”(详见^[20])。2006年其家人发现KY读左右结构合体汉字时会把左半部件读错(如把“灯”读成“打”,把“村”读成“衬”),而右半部件大都正确。2007年2月前来复查。西方失语症评定量表(Western aphasia battery, WAB)汉化版(KY的AQ为97.8)、简易智力状态检查(mini-mental state examination, MMSE)(KY为27分)排除了失语症和痴呆。视野检查提示右侧视野同向偏盲,但保留了右侧约1.5°视角的中央凹(fovea)视野,即有中央凹保留(foveal sparing)。检测偏侧忽视症(hemineglect)的删除试验^[21]、二等分线试验^[22]均未提示其存在偏侧忽视症。MRI显示KY脑梗死灶累及胼胝体压部左侧和左腹内侧枕颞区,左中部梭状回外侧“视觉词形区”基本保留。弥散张量纤维束示踪成像(diffusion tensor tractography, DTT)证实胼胝体压部纤维束通路中断。

1.2 方法

应用中央注视的速视朗读的方法。选用30个以“左形右声”即SP(semantic-phonetic radical)组成的形声字,如“构”,左部件为义旁,右部件为声旁。整字占1.5°视角,义旁或声旁均<1°视角,故左右部件和整字均在中央凹范围内。让患者始终注视屏幕中央注视点,该注视点恰位于将出现汉字的义旁和声旁的中间,从而义旁、声旁分别位于中央凹的左、右半视野内。汉字呈现150ms,呈现时注视点消失。让患者朗读所见汉字,记录正确率。为了避免上述所选SP汉字左半义旁笔画数少于右半声旁(所选SP汉字平均右部件笔画数高于左部件,左部件 3.1 ± 0.61 ,右部件 4.73 ± 1.2 ,两者差异有显著性意义, $P<0.001$),或由于SP汉字信息量倾向于右侧^[13],造成患者对左部件注意较弱从而出现速视时的左半错读倾向,我们又选用了以“左声右形”即PS(phonetic-semantic radical)组成的汉字,如“创”,声旁在左,义旁在右。这些汉字平均左部件笔画数高于右部件(左部件 5.6 ± 1.77 ,右部件 3.07 ± 1.14 ,两者差异有显著性意义, $P<0.001$)。SP和PS两组汉字部件数(SP:

2.3±0.48; PS: 2.5±0.63)、笔画数 (SP: 7.8±1.4; PS: 8.7±2.7)、字频 (SP: 0.6±1.0; PS: 0.8±1.6), 差异无显著性意义 ($P>0.05$)。

中央凹左右分视野的速视朗读。尽管在上面实验中使用了以 SP 和 PS 组成的两组汉字, 排除左右部件复杂度不同或信息量差异导致的注意偏倚, 但仍然无法排除因为汉字中 SP 型汉字在形声字中所占比例很大 (90%)^[23], 朗读汉字时人们习惯于注意右半部件, 从而导致速视时左半错读的倾向。为排除这种影响因素, 本实验选用了高频独体汉字, 即汉字仅有 1 个部件, 克服了注意合体字右部件的倾向。共 36 个独体字, 随机在中央凹左、右半视野各呈现 18 个, 150ms。中央凹左右半视野独体字笔画数、字频匹配 ($P>0.05$)。独体字占 0.8° 视角左右, 距离注视点 0.2° 视角, 故整字在中央凹 1° 范围内。嘱患者朗读所呈现的汉字, 记录正确率。

1.3 统计学分析

以上神经心理学检查均通过 E-prime 软件设计, 在 14' Thinkpad 笔记本电脑上呈现, 记录正确率。统计采用 SPSS 11.5 软件, 对正确率进行 χ^2 检验。

2 结果

2.1 中央注视的速视朗读

SP 组汉字: 朗读正确 8/30 (27%), 朗读错误 18/30 (60%), 无法朗读 4/30 (13.3%)。错读的 18 字中, 左半部件均读错 (18/18, 100%), 右半部件读错 2/18 (11%)。即左半部件识别正确 8/30 (27%), 右半部件识别正确 24/30 (80%)。PS 汉字: 朗读正确 6/30 (20%), 错读 20/30 (66.7%), 无法朗读 4/30 (13%)。错读的 20 个字中, 左半部件均读错 (20/20, 100%), 右半部件读错 6/20 (20%)。即左部件识别正确 6/30 (20%), 右部件识别正确 20/30 (66.7%)。SP 和 PS 两组汉字在朗读正确率、左右部件识别正确率之间没有显著差异 ($P>0.05$), 故合并在一起, 即总朗读正确率 23% (14/60), 左部件识别正确率 23% (14/60), 右部件识别正确 73% (44/60), 左部件识别错误显著高于右部件 ($P<0.001$)。即出现汉字左半错读 (left hemiparalexia)^[24]。

2.2 中央凹左右分视野的速视朗读

对于中央凹左半视野呈现的 18 个独体字, 朗读正确为 8/18 (44%), 对于中央凹右半呈现的 18 个汉字, 朗读正确为 17/18 (94%)。中央凹左半独体字的错读显著高于中央凹右半独体字 ($P=0.001$), 即出现左视野失读 (left hemialexia)^[25-26]。

3 讨论

本研究对 1 例胼胝体压部左侧及左枕颞腹侧脑梗死导致阅读困难患者 KY 进行中央注视速视朗读和中央凹左右分视野速视朗读。

在中央注视速视朗读情况下, 汉字整字占 1.5° 视角, 左右部件均在垂直子午线旁 1° 视角以内, 故完全在中央凹范围内。由于注视点恰位于合体汉字的左右部件的中间, 如果中央凹表征是分割的, 则汉字左部件仅在右枕进行表征, 其无法经过破坏的胼胝体压部通路传到左中部梭状回“视觉词形区”, 从而出现左半错读; 汉字右部件则投射到左枕, 可直接向“视觉词形区”及更高级语言区投射, 故不会出现错读。如果汉字左右部件是在两侧枕叶双重表征的, 则左右部件均会在左枕进行表征, 从而投射到“视觉词形区”加工, 左右部件的识别正确率不会有显著差异。实验结果发现, 左部件识别正确率显著低于右部件 ($P<0.001$), 支持中央凹分割的理论。

在中央注视速视朗读时, 汉字右部件识别并不完全正常 (正确率 73%), 估计是由于速视条件下 (仅 150ms) 患者 KY 存在普遍的视锐度下降所致 (患者已 80 高龄)。由于所选汉字包括 SP 和 PS 两组, 两组在整字朗读正确率和左右部件识别正确率上没有显著差异, 因此排除了左部件错读是由于 SP 汉字右部件笔画多或信息量大而吸引更多倾向于右半部件注意的因素。选择 SP 和 PS 汉字也排除了声旁、义旁位置因素影响^[13]。

尽管使用了 SP 和 PS 两组汉字得到了一致的左半部件显著错读的结果, 但为了排除 SP 汉字所占比例较大^[23], 患者可能习惯于注意汉字的右部件, 而忽略左部件, 从而导致汉字左半错读, 因此, 进一步选用了单个部件的独体汉字, 排除了注意右部件倾向的影响。独体汉字被随机地速视呈现在注视点左或右半中央凹视野内, 如果中央凹表征是分割的, 中央凹左半呈现的独体字投射到右视皮质, 无法经过

破坏的压部通路传到左中部梭状回“视觉词形区”而出现失读;而右视野独体字投射到左枕后可直接传到“视觉词形区”加工,无失读。若中央凹内汉字是左右枕双重表征的,则左右半中央凹视野的汉字朗读正确率无显著差异。结果显示中央凹左半视野汉字朗读显著差于右半视野汉字(左 8/18,右 17/18, $P=0.001$),支持中央凹分割理论。

上述对中央凹视野范围内中央注视速视合体字、左右中央凹分视野速视独体字的朗读实验表明,中央凹内汉字信息没有在左右枕双重表征,而用中央凹表征分割理论可以得到较好的解释。这和近年来一系列用视觉词汇识别揭示中央凹表征性质的研究结果较一致^[9-13]。然而这些研究大都是以正常人作为被试,不排除中央凹信息实际存在双重表征,但由于正常胼胝体的抑制机制^[14-15],非优势侧的表征被优势侧表征抑制而出现中央凹表征分割的假象。

一些研究发现胼胝体压部损伤导致左视野失读或词的左半错读^[24-27],同本研究类似。但这些研究没有确定文字刺激是在中央凹范围内,有些故意呈现在中央凹之外^[26,28],也大都没有采用随机的分视野速视以排除眼动可能,更没有针对中央凹双重表征或分割性质进行讨论,因此没有回答中央凹表征的性质问题。Siéroff 等^[29]报道 1 例左枕颞区损伤导致中央凹左视野失读,支持中央凹表征分割理论。但所用拼音文字的字母串占 2°视角,左侧呈现整词时可能超出中央凹左半范围(整个中央凹共 2°视角^[1],中央凹左半仅 1°);且没有可靠证据说明胼胝体压部通路的破坏情况,只是凭 MRI 结构像的左枕颞梗死来推断压部纤维束可能受损。

本研究对胼胝体压部破坏患者进行中央凹视野中央注视和中央凹左右分视野速视汉字朗读研究,较同类研究^[29]的优势在于:利用了方块形的汉字,而不是线形的拼音文字(字母串),容易在中央凹视野(2°视角^[1])内呈现;左、右结构的合体字非常有利于考察中央凹左半、右半信息的表征特点,因为左右部件可以独立(很多部件本身是汉字,有其音义);本研究有 DTT 证据证明胼胝体压部通路确实中断,这是本研究具有优势的关键性条件。

中央凹范围内的汉字表征是分割的。中央凹左半的汉字信息(汉字左部件或整字)仅在右枕表征,

无法经过受损的胼胝体压部传到左半球“视觉词形区”加工,从而出现汉字左半错读和左视野失读,支持中央凹分割理论。

参考文献

- [1] Choplin N, Edwards R. Visual fields [M]. Thorofare, NJ: SLACK Incorporated, 1998.
- [2] Brysbaert M. Interhemispheric transfer and the processing of foveally presented stimuli[J]. Behav Brain Res, 1994, 64(1-2): 151-161.
- [3] Brysbaert M. The importance of interhemispheric transfer for foveal vision: a factor that has been overlooked in theories of visual word recognition and object perception [J]. Brain Lang, 2004, 88(3):259-267.
- [4] Lavidor M, Walsh V. The nature of foveal representation[J]. Nat Rev Neurosci, 2004, 5(9):729-735.
- [5] Leff A. A historical review of the representation of the visual field in primary visual cortex with special reference to the neural mechanisms underlying macular sparing [J]. Brain Lang, 2004, 88(3):268-278.
- [6] Stone J, Leicester J, Sherman SM. The nasotemporal division of the monkey's retina. J. Comp [J]. Neurol. 1973, 150: 333-348.
- [7] Bunt AH, Minckler DS, Johanson GW. Demonstration of bilateral projection of the central retina of the monkey with horseradish peroxidase neuronography [J]. J Comp Neurol, 1977, 171 (4): 619-630.
- [8] Leventhal AG, Ault SJ, Vitek DJ. The nasotemporal division in primate retina: the neural bases of macular sparing and splitting[J]. Science, 1988, 240(4848):66-67.
- [9] Lavidor M, Ellis AW, Shillcock R, et al. Evaluating a split processing model of visual word recognition: effects of word length[J]. Cogn Brain Res, 2001, 12(2):265-272.
- [10] Lavidor M, Hayes A, Shillcock R, et al. Evaluating a split processing model of visual word recognition: effects of orthographic neighborhood size [J]. Brain Lang, 2004, 88(3):312-320.
- [11] Ellis AW, Brooks J, Lavidor M. Evaluating a split fovea model of visual word recognition: effects of case alternation in the two visual fields and in the left and right halves of words presented at the fovea [J]. Neuropsychologia, 2005, 43 (8): 1128-1137.
- [12] Hsiao JH, Shillcock R, Lee CY. Neural correlates of foveal splitting in reading: evidence from an ERP study of Chinese character recognition[J]. Neuropsychologia, 2007, 45(6):1280-1292.
- [13] Hsiao JH, Shillcock R, Lavidor M. A TMS examination of se-

- mantic radical combinability effects in Chinese character recognition[J]. *Brain Research*, 2006, 1078(1):159—167.
- [14] Cook ND. Callosal inhibition: the key to the brain code[J]. *Behav Sci*, 1984, 29(2):98—110.
- [15] Cook ND. Homotopic callosal inhibition [J]. *Brain Lang*, 1984, 23(1):116—125.
- [16] Binder JR, Mohr JP. The topography of callosal reading pathways. A case-control analysis[J]. *Brain*, 1992, 115(Pt6):1807—1826.
- [17] Suzuki K, Yamadori A, Endo K, et al. Dissociation of letter and picture naming resulting from callosal disconnection [J]. *Neurology*, 1998, 51(5):1390—1394.
- [18] Cohen L, Lehericy S, Chochon F, et al. Language-specific tuning of visual cortex? Functional properties of the Visual Word Form Area[J]. *Brain*, 2002, 125(Pt5):1054—1069.
- [19] Cohen L, Dehaene S. Specialization within the ventral stream: the case for the visual word form area [J]. *Neuroimage*, 2004, 22(1):466—476.
- [20] 单春雷,于美霞,徐兆强,等.汉语纯失读症患者的评价与初步分析[J].*中国康复医学杂志*,2004,19(1):15—18.
- [21] Albert ML. A simple test of visual neglect [J]. *Neurology*, 1973, 23(6):658—664.
- [22] Schenkenberg T, Bradford DC, Ajax ET. Line bisection and unilateral visual neglect in patients with neurologic impairment [J]. *Neurology*, 1980, 30(5):509—517.
- [23] 李燕,康加深.现代汉语形声字声符研究[M].见陈原主编现代汉语用字信息分析.上海:上海教育出版社,1993.
- [24] Binder JR, Lazar RM, Tatemichi TK, et al. Left hemiparesis [J]. *Neurology*, 1992, 42(3Pt1):562—569.
- [25] Sugishita M, Yoshioka M, Kawamura M. Recovery from hemialexia[J]. *Brain and Language*, 1986, 29(1):106—118.
- [26] Molko N, Cohen L, Mangin JF, et al. Visualizing the neural bases of a disconnection syndrome with diffusion tensor imaging[J]. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2002, 14:629—636.
- [27] Peru A, Beltramello A, Moro V, et al. Temporary and permanent signs of interhemispheric disconnection after traumatic brain injury[J]. *Neuropsychologia*, 2003, 41(5):634—643.
- [28] Cohen L, Dehaene S, Naccache L, et al. The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients[J]. *Brain*, 2000, 123(Pt2):291—307.
- [29] Siéroff E, Lavidor M. Examination of the split fovea theory in a case of pure left hemialexia [J]. *Cognitive Neuropsychology*, 2007, 24(3):243—259.

(上接第1050页)

- 703—708.
- [2] Dalm S, Grootendorst J, de Kloet ER, et al. Quantification of swim patterns in the Morris water maze[J]. *Behav Res Methods Instrum Comput*, 2000, 32(1):134—139.
- [3] Grafman J. Conceptualizing functional neuroplasticity [J]. *J Commun Disord*, 2000, 33(4):345—356.
- [4] Pageau C, Champoux F, Martin A, et al. Visual deprivation modifies auditory directional tuning in the inferior colliculus[J]. *Neuroreport*, 2008, 19(18):1797—1801.
- [5] Marianowski R, Liao WH, Van Den Abbeele T, et al. Expression of NMDA, AMPA and GABA (A) receptor subunit mRNAs in the rat auditory brainstem. I. Influence of early auditory deprivation[J]. *Hear Res*, 2000, 150(1—2):1—11.
- [6] Bi C, Cui Y, Mao Y, et al. The effect of early auditory deprivation on the age-dependent expression pattern of NR2B mRNA in rat auditory cortex[J]. *Brain Res*, 2006, 19, 1110(1):30—38.
- [7] Morris R. Development of a water-maze procedure for studying spatial learning in the rat[J]. *Neurosci Methods*, 1984, 11(1):47—60.
- [8] 张春美,徐波,杨毅飞.游泳训练对大鼠空间学习记忆能力及海马纹状体内 c-fos、c-jun mRNA 表达的影响[J]. *中国康复医学杂志*, 23(8):724—728.
- [9] 孔令斌,安锐,黄志诚,等.海马、额叶局部脑血流灌注异常对学习记忆功能的影响及分子机制[J]. *中国康复医学杂志*, 2008, 23(9):819—823.
- [10] Kral A, Hartmann R, Tillein J, et al. Hearing after congenital deafness: central auditory plasticity and sensory deprivation[J]. *Cereb Cortex*, 2002, 12(8):797—807.
- [11] Kral A, Tillein J, Heid S, et al. Cochlear implants: cortical plasticity in congenital deprivation [J]. *Prog Brain Res*, 2006, 157:283—313.
- [12] Kotak VC, Fujisawa S, Lee FA, et al. Hearing loss raises excitability in the auditory cortex [J]. *J Neurosci*, 2005, 25(15):3908—3918.
- [13] Kral A, Hartmann R, Tillein J, et al. Congenital auditory deprivation reduces synaptic activity within the auditory cortex in a layer-specific manner[J]. *Cereb Cortex*, 2000, 10(7):714—726.