

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2016.13.008

丘脑参与不同空间定位坐标系之间的信息整合*

王 静¹, 朱 磊², 潘玉君^{3△}

(1. 重庆医科大学附属第二医院呼吸内科 400010; 2. 河南省漯河市中心医院神经内科 462000; 3. 哈尔滨医科大学附属第一医院神经内科, 哈尔滨 150001)

[摘要] 目的 探讨丘脑是否参与以外界物体为中心(allocentric)和以观察者为中心(egocentric)坐标系之间的信息整合。
方法 分别以 5 名健康人及 2 例左侧丘脑腹后核(VP)梗死患者为研究对象,测定其在物体位置辨别任务中的手动反应时间,对数据进行统计学分析。
结果 试验结果提示当视觉刺激出现在屏幕右侧(egocentric 方向为右)时,egocentric 和 allocentric 不兼容时的手动反应时间明显缩短; allocentric 方向为左时,不兼容与兼容条件下手动反应时间,差异无统计学意义($P>0.05$);屏幕右侧 egocentric 和 allocentric 不兼容时的手动反应时间较两者兼容的手动反应时间增加不明显,差异无统计学意义($P>0.05$),而与对侧两者不兼容的手动反应时间相比,则明显减小,差异有统计学意义($P<0.05$)。
结论 左侧丘脑腹后核参与了对侧 egocentric 和 allocentric 信息不兼容条件下的空间信息整合,延长了手动反应时间。

[关键词] 丘脑腹侧核;空间信息;皮质下整合**[中图分类号]** R743.3**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2016)13-1753-03

Human thalamus participating in information integration among different spatial orientation coordinate systems*

Wang Jing¹, Zhu Lei², Pan Yujun^{3△}

(1. Department of Respiration, Second Clinical Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400010, China; 2. Department of Neurology, Luohe Central Hospital, Luohe, Henan, 462000, China; 3. Department of Neurology, the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang 150001, China)

[Abstract] **Objective** To investigate whether the thalamus participates in the information integration of allocentric and egocentric coordinate systems. **Methods** Totally 5 healthy individuals and 2 patients with left ventral posterior (VP) nucleus infarction of thalamus were taken as the research subjects and detected the manual reaction time (RT) in the position discrimination task. Then the obtained data were statistically analyzed. **Results** The experiment results prompted that when the visual stimulation presented at the screen right side(egocentric direction was right), RT was significantly shortened in the egocentric and allocentric incompatible condition, when the direction was the left, RT had no obvious difference between the compatible and incompatible conditions ($P>0.05$); the RT increase under egocentric and allocentric incompatible condition in the screen right side was not obvious compared with egocentric and allocentric compatible condition($P>0.05$), but which was obviously shortened compared with incompatible condition in the contralateral side($P<0.05$). **Conclusion** Left thalamus VP is involved in the spatial information integration under the contralateral side egocentric and allocentric information incompatible condition and prolongs RT.

[Key words] ventral thalamic nuclei; spatial information; subcortical integration

以观察者为中心(egocentric)坐标系信息主要存在于背侧额顶环路。以外界物体为中心(allocentric)信息主要位于于腹侧颞枕环路^[1-3]。发现 allocentric 信息能影响 egocentric 坐标系定位的准确性^[4-5]。egocentric 信息能影响 allocentric 坐标系的信息处理速度^[2]。附加眼动区(SEF)的神经元活动同时参与两者信息处理^[6]。提示 allocentric 和 egocentric 坐标系信息可以相互影响。哪些脑区可能参与了这两者信息的整合还不清楚。丘脑是各种感觉信息在皮层下的重要中继站,同时在各大脑皮层之间的信息传递中起重要作用^[7-9]。本研究以局限性丘脑损伤患者为研究对象,探讨其在两种坐标系信息整合中的作用。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2 例左侧丘脑腹后核梗死患者来自哈尔滨医科大学附属第一医院神经内科(患者 1、2 的年龄为 45、58 岁)。常规 MRI 检查(飞利浦,1.5 T,层厚 6 mm, T1、T2 加权像及 FLAIR 像)证实左侧丘脑梗死病灶并排除其他部位的病灶。病灶见图 1、2。2 例患者均表现出典型的急性脑血管病症状。该院 5 名年龄匹配的健康人作为对照组参与本试验。试验组

及对对照组既往均无精神、神经系统疾病病史,视力或矫正视力正常,无严重行动不便(至少 1 侧上肢肢体肌力为 5 级)。神经心理学检查证实记忆、视空间感知、执行功能及快速眼动无损伤。向患者及对对照组交代试验目的及具体事项,征得同意后,签署由该院伦理委员会批准的知情同意书(批准号:201201)。

1.2 仪器与设备 CRT 彩色显示器(22 英寸, Mitsubishi Rdf225wg Oem Sum X149A 刷新率:100 Hz, 屏幕分辨率:1 280×960)。红外光源眼位置追踪仪(Eyelink 1000, 采样率为 1 000 Hz, 加拿大 SR Research 公司)。MATLAB 软件 2009 版本, The MathWorks 公司提供, 与 Psychtoolbox (PTB-3) 联合运用实现试验参数的设置, 并记录、储存、分析试验数据。暗室:2.0 m×1.2 m×2.1 m。

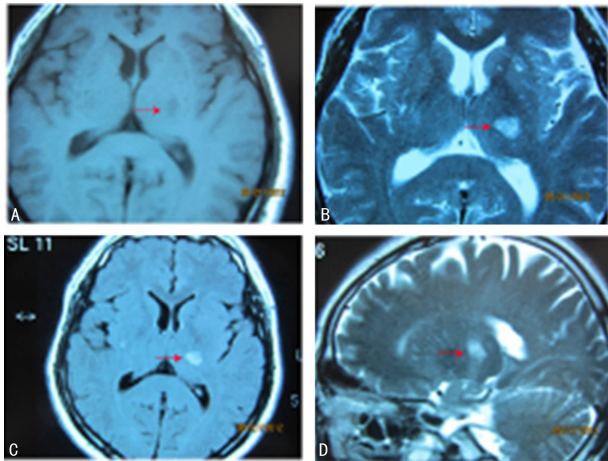
1.3 方法 物体位置辨别任务:被试者正对显示屏,开始时要求盯住屏幕中央注视点(半径:0.3°视角),600~1 000 ms 后,视觉刺激(大、小两个圆,半径:1.5°、0.6°视角,颜色:红、蓝、绿中随机的 2 种),出现在屏幕左或右上方(向左或右 1.25°、3.75°、6.25°、8.75°视角)。被试者根据大圆相对于小圆的位置尽可能快地做出手动反应:若大圆在小圆的右侧,则按下向

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(81072412);神经科学国家重点实验室开放课题基金资助项目(SKLN-2010A05)。 作者简介:王静(1985-),博士,医师,主要从事低氧导致认知功能障碍的分子机制的研究。 △ 通讯作者, Tel: (0451)85555799; E-mail: yujunpan@126.com。

右的方向键,反之,则按下向左的方向键,见图 3A。Eyelink 1 000 记录眼动参数, Matlab 记录并计算手动反应时间。根据视觉刺激出现在屏幕左右及大圆相对于小圆的位置将试验分为 4 类,即“LL”、“LR”、“RR”、“RL”。进一步地,“LL”、“RR”归为 allocentric 与 egocentric 方向一致(兼容),而将“LR”、“RL”归为 allocentric 与 egocentric 方向相反(不兼容,见图 3B)。

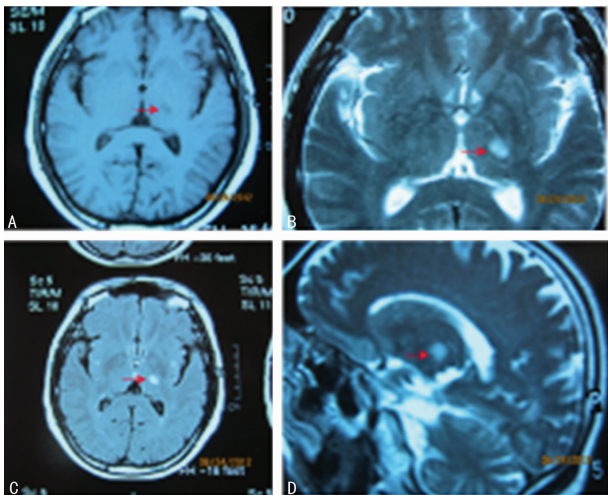
单手试验任务:由于患者 LXJ 在试验数据采集时右上肢肌力为 5⁻,为了排除肢体无力本身所致的手动反应时间的偏差,作者要求其用左手做出手动反应。如 1 组任务中,若大圆出现在小圆的右侧,其尽可能快的按中间键。反之,则什么都不做,等待试验结束。在下一组任务中,相反条件下做出手动反应。

每组试验之前用 Eyelink 对受试者进行 6 个点模式的眼位置校准。若试验中眼睛未能盯准注视点,试验任务结束(break),进入下次试验。



A: TIWI; B: T2WI; C: FLAIR; D: 矢状位; 红色箭头: 梗死部位。

图 1 丘脑梗死患者 1 的 MRI



A: TIWI; B: T2WI; C: FLAIR; D: 矢状位; 红色箭头: 梗死部位。

图 2 丘脑梗死患者 2 的 MRI

1.4 数据处理 计算手动反应时间:由于手动反应时间不服从正态分布,作者采用广义极值分布模型(generalized extreme value, GEV)^[10]对受试者的手动反应时间的分布进行拟合。广义极值分布见公式(1),其中 t(x)由公式(2)计算得出,μ,σ 及 ξ 分别代表曲线的位置,分布幅度及曲线的偏斜程度。其平均值通过公式(3)算出。

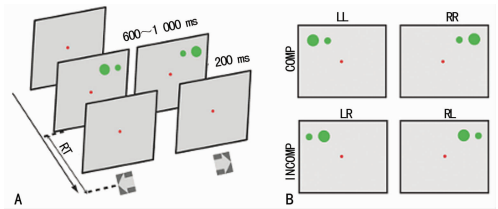
$$f_{GEV}(x, \mu, \xi) = \frac{1}{\sigma} t(x)^{\xi+1} e^{-t(x)} \quad (1)$$

$$t(x) = \begin{cases} (1 + \xi \frac{x - \mu}{\sigma})^{-1/\xi}, & \text{if } \xi \neq 0 \\ e^{-(x - \mu)/\sigma}, & \text{if } \xi = 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$mean_{GEV}(\mu, \sigma, \xi) = \mu + \frac{T(1 - \xi) - 1}{\xi}, \text{ if } \xi \neq 0, \xi < 1 \quad (3)$$

计算两手之间固有的手动反应时间差值:由于在手动反应中,优势手的反应时间较非优势手短^[11]。为了排除左右两手这种固有的反应时间的差别,作者用 egocentric 和 allocentric 兼容条件下左手摁键的时间减去右手摁键的时间算出固有的手动反应时间差值。再将左手的手动反应时间减去固有的手动反应时间差值作为校正后的左手手动反应时间。

1.5 统计学处理 采用 SPSS16.0 统计软件对数据进行分析处理,所有计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料采用 χ^2 检验,组间比较行 t 检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。



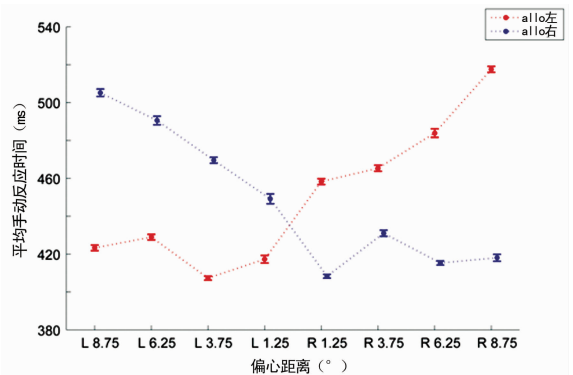
A: 试验任务示意图; B: 实验分类示意图。

图 3 位置判别任务及试验分类

2 结果

对于错误试验(按错键)及眼睛未能盯准注视点(fixation breaks)的试验,作者不对其进行后期的数据分析。在作者试验中,7 个受试者 4813 次任务中共有错误试验及 fixation breaks 试验 95 次(排除率为 1.97%)。

2.1 对照组位置判别任务中的手动反应时间特点 图 4 显示的是 5 名健康受试者在位置判别任务中的手动反应时间。当 egocentric 和 allocentric 方向不一致(LR, RL, 蓝色线左侧部分及红色线右侧部分)时手动反应时间较两者方向一致(RR, LL, 蓝色线右侧部分及红色线左侧部分)时显著增加(allo 右: $P = 0.0012$, allo 左: $P = 8.7236 \times 10^{-4}$)。且当 egocentric 和 allocentric 方向不一致时,手动反应时间随视觉刺激距屏幕正中距离增加逐渐延长,而对于 egocentric 和 allocentric 方向一致时,手动反应时间与视觉刺激的偏心距离无明显关系。



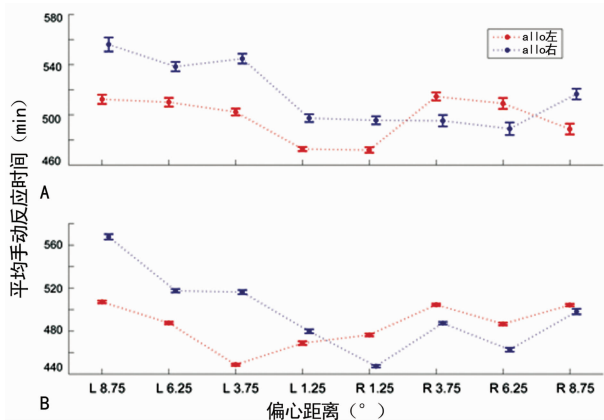
红色虚线:大圆在小圆左侧;蓝色虚线:大圆在小圆右侧;L:左;R:右。

图 4 健康受试者在位置判别任务中的手动反应时间

2.2 试验组位置判别任务中的手动反应时间特点 图 5 表示的是 2 例左侧丘脑腹后核梗死患者(LQF, LXJ)的手动反应时间。作者发现病损对侧(右侧)不兼容条件下手动反应时间明显缩短(红线右侧部分所示)。当 allocentric 方向为右时,不兼容条件下的手动反应时间较兼容条件下手动反应时间显著增加(LQF: $P = 0.041$, LXJ: $P = 3.77 \times 10^{-5}$)。然而,当 allocentric 方向为左时,不兼容条件下的手动反应时间较兼容条件下

手动反应时间增加不明显(LQF: $P=0.717$, LXJ: $P=0.213$)。当视觉刺激出现在病灶同侧(左侧)时,不兼容条件下手动反应时间明显长于兼容条件下的手动反应时间(LQF: $P=0.04$, LXJ: $P=1.14 \times 10^{-6}$),当视觉刺激出现在病灶对侧(右侧),不兼容条件下与兼容条件下患者的手动反应时间差距不明显(LQF: $P=0.373$, LXJ: $P=0.0332$)。2 例患者数据综合统计差异无统计学意义($P=0.288$)。

不兼容条件下,当视觉刺激出现在病灶对侧(右侧)时手动反应时间明显小于视觉刺激出现在病灶同侧(左侧)的手动反应时间(LQF: $P=0.0341$, LXJ: $P=0.0286$),并与病灶同侧兼容条件下的手动反应时间近似(LQF: $P=0.886$, LXJ: $P=0.343$)。结果表明左侧丘脑腹后核梗死后导致病灶对侧 egocentric 和 allocentric 方向不一致条件下的手动反应时间明显降低,提示左侧丘脑腹后核作为一个节点参与了对侧视野 egocentric 和 allocentric 不兼容条件下空间信息整合,并且该种整合延长了反应时间。



A: 患者 LQF 的手动反应时间; B 患者 LXJ 的手动反应时间; L: 左; R: 右。

图 5 2 例左侧丘脑腹后核梗患者在位置判别任务中的手动反应时间

3 讨 论

作者的试验以左侧丘脑腹后核梗死患者为试验对象测试其在物体位置辨别任务中的手动反应时间。结果发现与对照组相比,左侧丘脑腹后核梗死患者在不兼容条件下病损对侧手动反应时间明显缩短。这提示左侧丘脑腹后核可能参与了对侧视野 egocentric 和 allocentric 信息不兼容条件下的空间信息整合。并同时通过健康人及丘脑损伤患者验证了 Zhou 等^[2]前期关于 egocentric 信息能影响 allocentric 坐标系信息处理速度的结论。

一直以来,大量研究发现 allocentric 信息能影响 egocentric 坐标系信息的准确性,而 egocentric 信息不能影响 allocentric 坐标系信息的准确性^[10-11]。若将一个小的目标点置于大的背景中,若目标点偏向背景的右侧,感知到的目标点的位置较其实际位置更靠近右侧,反之则更靠近左侧。这提示目标物相对于背景的位置能影响人们对外界物体的位置判断。然而,定量分析发现目标物相对于观察者的位置不能影响观察者对目标物相对于背景位置的判断^[12]。

Zhou 等^[2]及本试验发现当 egocentric 和 allocentric 方向相反时,受试者的手动反应时间较两者方向相同时明显增加。这提示 egocentric 信息能影响 allocentric 坐标系的信息处理速度。这些试验结果表明这两种空间定位坐标系在功能上是相互关联的;allocentric 信息能影响 egocentric 坐标系定位的准确性,egocentric 信息能影响 allocentric 坐标系信息的处理速度。目前不清楚为什么这两种坐标系互相影响不同的信息处理因素。本研究推测可能与 egocentric 坐标系更强调外界物

体相对于观察者的位置,而 allocentric 坐标系信息更强调外界物体之间的相互关系有关。

前期的报道认为丘脑左右核团功能不对称:左侧丘脑更侧重于语言功能,右侧丘脑在视觉空间信息中起重要作用^[13]。作者的试验结果发现左侧丘脑亦在空间信息整合中起重要作用。然而,由于缺乏右侧丘脑相应核团梗死患者的行为学数据,作者不清楚右侧丘脑是否具有类似空间信息整合功能。

本研究的局限性:试验例数太少,结果仅仅提示左侧丘脑腹后核参与了对侧视野 egocentric 和 allocentric 信息不兼容条件下的空间信息整合的试验现象,后续需要大样本量的试验分析进行验证。另一方面,在本试验中仅仅只收集到了左侧丘脑核团梗死的患者,缺乏右侧相关核团发生病损的对照数据。

参考文献

- [1] Saj A, Cojan Y, Musel B, et al. Functional neuro-anatomy of egocentric versus allocentric space representation[J]. *Neurophysiol Clin*, 2014, 44(1): 33-40.
- [2] Zhou Y, Liu Y, Zhang W, et al. Asymmetric influence of egocentric representation onto allocentric perception[J]. *J Neurosci*, 2012, 32(24): 8354-8360.
- [3] Bisley JW, Goldberg ME. Attention, intention, and priority in the parietal lobe[J]. *Annu Rev Neurosci*, 2010, 33: 1-21.
- [4] Hackett TA, Stepniewska I, Kaas JH. Thalamocortical connections of the parabelt auditory cortex in macaque monkeys [J]. *J Comp Neurol*, 1998, 400(2): 271-286.
- [5] Hetherington HP, Kuzniecky RI, Vives K, et al. A subcortical network of dysfunction in TLE measured by magnetic resonance spectroscopy[J]. *Neurology*, 2007, 69(24): 2256-2265.
- [6] Moorman DE, Olson CR. Combination of neuronal signals representing object-centered location and saccade direction in macaque supplementary eye field[J]. *J Neurophysiol*, 2007, 97(5): 3554-3566.
- [7] Zhang D, Snyder AZ, Fox MD, et al. Intrinsic functional relations between human cerebral cortex and thalamus [J]. *J Neurophysiol*, 2008, 100(4): 1740-1748.
- [8] Sherman SM. The thalamus is more than just a relay[J]. *Curr Opin Neurobiol*, 2007, 17(4): 417-422.
- [9] Cappe C, Morel A, Rouiller EM. Thalamocortical and the dual pattern of corticothalamic projections of the posterior parietal cortex in macaque monkeys [J]. *Neuroscience*, 2007, 146(3): 1371-1387.
- [10] Guan S, Liu Y, Xia R, et al. Covert attention regulates saccadic reaction time by routing between different visual-oculomotor pathways [J]. *J Neurophysiol*, 2012, 107(6): 1748-1755.
- [11] Boultinguez P, Nougier V, Velay JL. Manual asymmetries in reaching movement control. I: Study of right-handers [J]. *Cortex*, 2001, 37(1): 101-122.
- [12] Neggers SF, Schölvinc ML, Van Der Lubbe RH, et al. Quantifying the interactions between allo- and egocentric representations of space[J]. *Acta Psychol (Amst)*, 2005, 118(1/2): 25-45.
- [13] Heitz RP, Schall JD. Neural mechanisms of speed-accuracy tradeoff[J]. *Neuron*, 2012, 76(3): 616-628.