

# 工作记忆中汉字与空间的分离及动态 优势半球的 ERP 效应\*

王益文 林崇德

魏景汉 罗跃嘉 卫 星

(北京师范大学发展心理研究所,北京 100875) (中国科学院心理研究所心理健康重点实验室,北京 100101)

**摘 要** 测量了 14 名正常青年被试在进行延迟反应任务时的事件相关脑电位(ERP)。在刺激消失后的延迟阶段,汉字任务和空间任务均在头皮前部额区产生 P260 和晚期正成分(LPC),在头皮后部顶枕区产生 N150 和晚期负成分(LNC)。汉字任务的 P260 为右半球优势,400~800ms 转化为左半球的激活程度显著大于空间任务。空间任务从 P260 的左右半球均衡变化为 400~800ms 的右半球优势。头皮后部无显著差异。研究结果提供了工作记忆中汉字与空间信息保持的分离及其优势半球动态变化的电生理学证据。

**关键词** 工作记忆,汉字与空间信息,优势半球,延迟匹配任务,事件相关电位。

**分类号** B842

## 1 引言

工作记忆是为完成某一特定任务而暂时贮存和保持有限容量的信息,并对其进行操作加工和执行控制的系统,它由中央执行系统、语音回路和视觉空间存贮组成<sup>[1]</sup>。语音回路负责词语信息的存贮、复述和保持,视觉空间存贮负责空间信息的存贮、复述和保持<sup>[2]</sup>。工作记忆中保持信息时脑区的激活及其动态加工过程是认知神经科学研究的重要问题。Baker 等<sup>[3]</sup>发现,空间任务更多激活右背外侧额叶皮层(dorsolateral frontal cortex, DLFC),客体任务更多激活左侧 DLFC。McCarthy 等<sup>[4]</sup>的记忆保持任务多达 18 个位置或形状,超过正常的视觉空间记忆容量,结果也非常相似。Belger 等<sup>[5]</sup>发现空间任务激活右半球 DLFC,而客体任务激活双侧 DLFC 和左腹外侧额叶皮层(ventrolateral frontal cortex, VLFC)。总之,已有的研究多发现工作记忆中空间和客体信息的保持机制在左右半球是不同的,空间任务主要激活右侧额叶,客体任务主要激活左侧或双侧额叶。

对于词语信息,Awh 等<sup>[6]</sup>采用 PET 技术发现,被试在进行英文字母延迟反应任务时,左半球顶叶、背部和腹部前运动区(dorsal and ventral premotor)

和 VLFC 显著激活。Paulesu 等<sup>[7]</sup>在比较字母与非字母符号的延迟反应任务时也发现了相似的激活区域。许多研究<sup>[8,9]</sup>发现左侧 VLFC、顶叶和运动皮层等组成的神经网络在词语保持时激活。在比较空间和词语任务时发现,空间延迟反应任务激活右半球顶叶皮层、背部运动皮层和 VLFC,词语保持任务大致与其左右对应<sup>[10]</sup>。Smith 等在直接比较视觉空间与词语延迟反应任务时发现,左侧顶叶、背部前运动皮层和 VLFC 组成的神经网络负责词语任务,右半球相应部位负责空间任务<sup>[11]</sup>。词语和空间延迟反应任务与其控制任务相比较时多是激活双侧额叶皮层。当直接比较词语和空间任务时,左半球更多保持词语信息,右半球更多保持空间信息。

延迟反应任务是工作记忆中信息保持脑机制研究的经典实验范式,该任务由目标(Target)、延迟(Delay)和探测(Probe)三个阶段组成。目标阶段呈现给被试一组刺激序列(几个字母、物体或空间位置),延迟阶段刺激序列消失后延迟间隔数秒,探测阶段呈现探测刺激,被试判断探测刺激是否在前面呈现的目标刺激中出现过。三个阶段包含不同的认知加工成分,目标阶段编码输入信息,延迟阶段保持信息,探测阶段提取信息和选择反应<sup>[12]</sup>。

已有研究多采用组块设计(Block design),把延

收稿日期:2004-04-10

教育部人文社科基地重大项目(01JAZDXLX001)、国家自然科学基金(30325026)和中国科学院方向项目(KSCX2-SW-221)。

通讯作者:林崇德, E-mail: linchongde@263.net;罗跃嘉, luoyj@psych.ac.cn

迟反应任务作为单一阶段进行 PET 或 fMRI 扫描,未区分不同的加工阶段及相应的认知成分。此类研究的发现可能是某一或所有任务阶段参与不同加工活动的结果造成的,具体是工作记忆任务的哪个加工阶段则不得而知。采用事件相关 fMRI 对实验任务进行分阶段扫描,分析了工作记忆中的短暂效应和持续效应,在测量和分离工作记忆加工成分方面可能极有价值,是脑成像研究方法学的重要进展<sup>[13,14]</sup>。Rypma 和 D Esposito 采用事件相关 fMRI 扫描 2 秒钟成像一次,其目标、延迟和反应阶段分别为 4 秒、12 秒和 2 秒<sup>[15]</sup>。数秒级的时间分辨率仍无法满足准确分析工作记忆中大脑激活时间进程的需要,难以与 ERP 毫秒级的时间分辨率相比。

工作记忆脑机制的早期研究多关注各独立成分分离的脑定位,因而多采用空间分辨率较高的 fMRI 或 PET 成像技术,以此来确定支持工作记忆各功能成分的脑区组织。随着工作记忆研究成果的积累和进一步深入的要求,对工作记忆加工过程的研究变得更为重要。因此对研究技术的时间分辨率提出了更高的要求。已有研究采用 ERP 技术检测了工作记忆中认知加工的时间进程<sup>[16~18]</sup>,主要探讨了工作记忆的两个辅助系统及其加工成分<sup>[19~23]</sup>。上述研究的词语材料多为英文字母,汉字是世界最主要的语言文字之一,目前尚缺少以汉字为刺激材料的工作记忆研究。与西方文字不同,汉字具有象形文字的特点,其在工作记忆中的加工可能不同于英文等文字。本研究采用 ERP 技术,以汉字和空间位置为刺激材料,拟考察工作记忆中汉字与空间信息保持的时间进程、汉字和空间延迟反应任务激活的部位、左右半球优势,以及各脑区激活表现出的时间顺序和动态变化的脑机制模式特点。

## 2 方法

### 2.1 被试

被试为来自北京高校的 14 名大学生和研究生,男 6 名女 8 名,年龄在 19~24 岁之间,平均为 20.7 岁。被试均为右利手,身体健康无神经系统疾病,没有脑部损伤史,视力正常或校正后正常。实验完成后付给一定报酬。

### 2.2 刺激材料

汉字材料选自《汉字频度统计表》<sup>[24]</sup>中的一级和二级常用字。平均笔画数为  $8.00 \pm 2.95$ ,字频为  $70.0 \pm 20.5\%$ 。字体为 48 号标准宋体,呈现方式为黑底白字;空间材料是方框,尺寸为  $2\text{cm} \times 2\text{cm}$ 。

### 2.3 实验程序

实验范式为延迟反应任务,由“目标 - 延迟 - 探测”三个阶段构成的试验单元。目标 (Target) 阶段,汉字任务为在屏幕中央呈现四个汉字,空间任务为在屏幕上 8 个可能的二维空间位置中,随机选择 4 个位置呈现 4 个方框,呈现时间均为 1000ms;延迟 (Delay) 阶段保持黑屏 1500ms,要求被试记忆汉字或方框位置;探测 (Probe) 阶段呈现一个汉字或方框,被试判断汉字或方框的位置是否在目标阶段出现过。被试反应采用反应盒按键,对正探测 (出现过的探测) 做“是”判断;对负探测 (未出现过的探测) 做“否”的判断,左右手拇指按键顺序进行被试间平衡。试验单元之间的掩蔽间隔在 300~500ms 间随机变化,每个任务由 70 个单元组成,正负探测的比例各占 50%,以随机顺序呈现。汉字任务和空间任务分别进行,任务顺序进行被试间平衡。汉字与空间任务的刺激呈现与时间进程的样例见图 1。

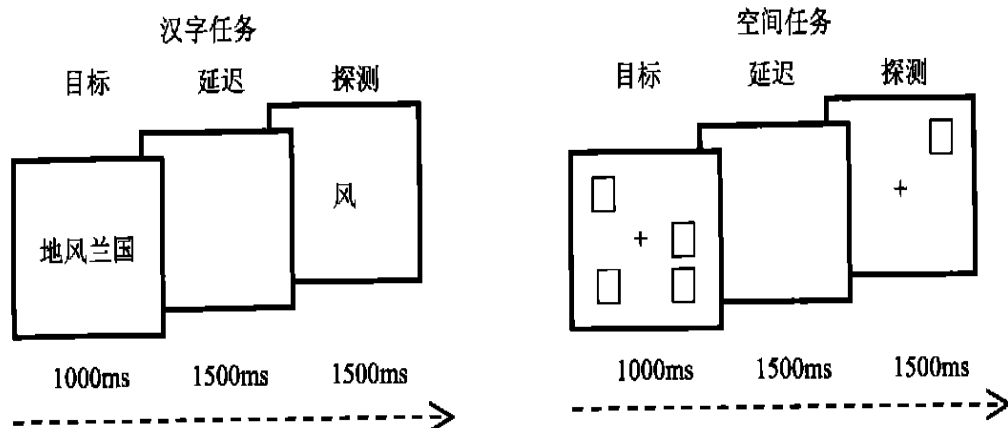


图 1 汉字与空间任务的刺激呈现与时间进程

正式实验开始前,被试进行相同设计的 10 组单元序列练习以熟悉实验程序。为了避免重复再认效应,正式实验与预备实验的刺激材料及序列顺序不同。

### 2.4 脑电记录

采用 NeuroScan ERP 记录与分析系统,按国际 10~20 系统扩展的 64 导电极帽记录 EEG。双侧乳突连线为参考电极,双眼外侧安置电极记录水平眼电(HEOG),左眼上下安置电极记录垂直眼电(VEOG)。滤波带通为 0.05~70Hz,采样频率为 500Hz/导,头皮阻抗 <5k。

### 2.5 ERP 数据处理与统计分析

完成连续记录 EEG 后离线(off-line)处理数据,用 NeuroScan 软件校正 VEOG 和 HEOG,并充分排除其他伪迹。本研究仅对延迟阶段脑电数据进行分析,并且根据反应阶段的结果,对反应正确的 EEG 进行叠加。波幅大于 ±100V 者被视为伪迹而自动剔除。分析时程(epoch)为刺激后 1500ms,基线为刺激消失前 200ms。根据已有研究结果与本研究目的,选取 16 个电极点。以 CPz 为界把电极分为头皮前部和后部记录点,分别进行三因素重复测量方差

分析,3 个因素分别为刺激材料(汉字和空间)、左右半球和记录点(头皮前部为 AF7/AF8、F7/F8、F3/F4、T7/T8 和 C3/C4;后部为 P7/P8、P3/P4 和 O1/O2)。方差分析的 P 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正,脑电地形图由 64 导数据得出。

## 3 结果

### 3.1 行为数据

汉字任务的正确率为 96.4 ±3.8%,空间任务为 93.6 ±5.1%,两者不存在显著差异。但汉字任务的反应时(760 ±74.2ms)显著短于空间任务(895 ±71.0ms), $t = -8.59, p < 0.001$ 。

### 3.2 ERP 结果

本研究仅分析延迟阶段的 ERP(见图 2)。汉字和空间任务均在头皮前部诱发出 P260 和晚期正成分(Late Positive Component, LPC)。LPC 从 400ms 开始持续至 1000ms 以后,两种成分最大波幅均位于头皮前部 Fz 点附近。在头皮后部双侧顶枕部出现 N150 和晚期负成分(Late Negative Component, LNC)。LNC 从 300ms 开始持续至 800ms 以后。

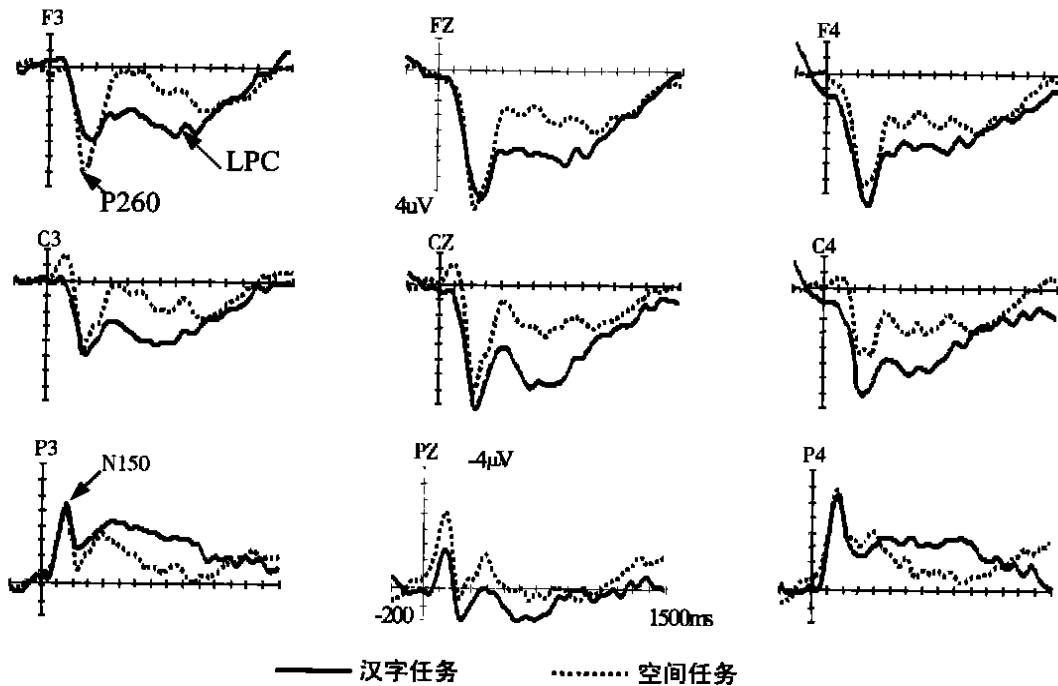


图 2 汉字与空间任务中延迟阶段的 ERP 总平均图(n = 14)

### 3.3 ERP 成分的方差分析

#### 3.3.1 N150 和 P260 成分

N150 和 P260 波峰明显,故测量其峰值。晚期成分持续时间较长,无明显波峰,故测量平均波幅

值。对头皮后部 N150 波峰的三因素重复测量方差分析表明,存在显著的记录点主效应, $F(2, 26) = 11.49, p < 0.001$ ,P3/P4 点的波峰最大为  $-3.32 \pm 0.46\mu V (M \pm SE)$ ,显著大于 P7/P8 ( $p < 0.05$ ) 和

O1/O2 ( $p < 0.01$ )。N150 潜伏期所有主效应和交互作用均不显著。

对头皮前部 P260 波峰和潜伏期进行三因素重复测量方差分析发现,任务主效应和左右半球主效应均不显著。记录点主效应显著,  $F(4, 52) = 8.38$ ,  $p < 0.01$ , F3/ F4 点的波峰最大,平均值为  $4.23 \pm 0.55\mu\text{V}$ ,显著大于 C3/ C4 和 T7/ T8 点 ( $ps < 0.05$ ),但与前额部的 AF7/ AF8 和 F7/ F8 点差异不显著。任务和左右半球的交互作用显著,  $F(1, 13) = 6.91$ ,  $p < 0.05$ ,主要表现为汉字任务右半球 ( $4.57 \pm 0.64\mu\text{V}$ ) 显著大于左半球 ( $2.71 \pm 0.62\mu\text{V}$ ),  $F(1, 13) = 13.70$ ,  $p < 0.01$ ,空间任务左右半球没有显著差异。

P260 潜伏期所有主效应均不显著,但任务和左右半球的交互作用显著,  $F(1, 13) = 4.84$ ,  $p < 0.05$ ,主要表现为汉字任务的潜伏期左半球 ( $271 \pm 15.8\text{ms}$ ) 长于右半球 ( $257 \pm 14.3\text{ms}$ ),空间任务右半球 ( $259 \pm 11.6\text{ms}$ ) 长于左半球 ( $235 \pm 9.1\text{ms}$ )。左右半球和记录点交互作用也显著,  $F(4, 52) = 3.45$ ,  $p < 0.05$ ,表现为空间任务中 T8 的潜伏期显著长于 T7,  $t = 2.84$ ,  $p < 0.05$ 。

### 3.3.2 LPC 和 LNC 成分

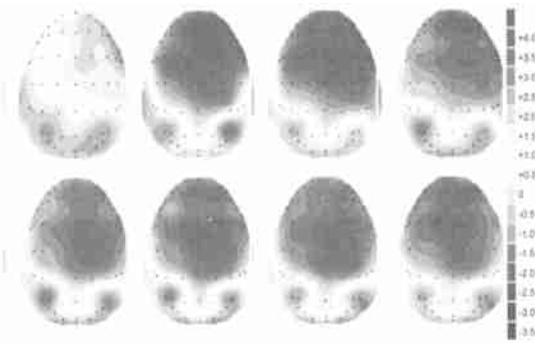


图3 汉字任务 100~800ms 的地形图

对头皮前部 LPC (400 ~ 800ms) 平均波幅进行三因素重复测量方差分析发现,任务主效应显著,  $F(1, 13) = 7.10$ ,  $p < 0.05$ ,表现为汉字任务 ( $2.08 \pm 0.38\mu\text{V}$ ) 显著大于空间任务 ( $0.91 \pm 0.26\mu\text{V}$ )。另外任务  $\times$ 左右半球  $\times$ 记录点的交互作用显著,  $F(4, 52) = 3.46$ ,  $p < 0.05$ ,主要表现为左半球记录点汉字任务 ( $1.77 \pm 0.52\mu\text{V}$ ) 的平均波幅显著大于空间任务 ( $0.27 \pm 0.51\mu\text{V}$ ),  $F(1, 13) = 7.13$ ,  $p < 0.05$ ,空间任务的平均波幅右半球 ( $1.55 \pm 0.47\mu\text{V}$ ) 大于左半球 ( $0.27 \pm 0.51\mu\text{V}$ ),  $p < 0.05$ 。对头皮后部 LNC (400 ~ 800ms) 平均波幅方差分析的主效应和交互作用均不显著。

### 3.4 地形图分析

间隔 100ms 分析地形图发现,汉字任务在 100 ~ 200ms 前额部激活右半球强于左半球,200 ~ 800ms 的正成分主要分布于头皮前部,左右侧差异不明显(见图 3)。空间任务 100 ~ 300ms 的正成分主要分布于头皮前部,左右侧分离不明显,但 400 ~ 800ms 发生变化,右半球激活程度一直大于左半球(见图 4)。汉字和空间任务地形图在头皮后部无差异。

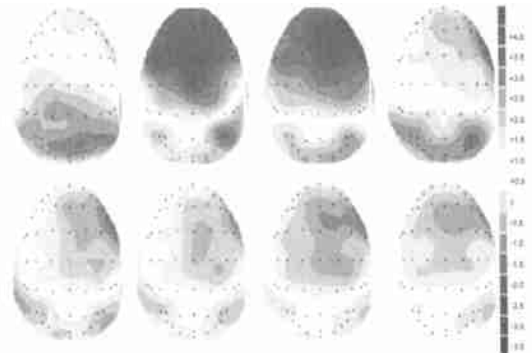


图4 空间任务 100~800ms 的地形图

## 4 讨论

本研究主要探讨工作记忆中汉字和空间信息的保持过程,为此分析了信息不在眼前时延迟阶段的 ERP 成分。结果发现,汉字和空间任务主要在头皮前部产生 P260 和晚期正成分,在头皮后部双侧顶枕叶产生 N150 和晚期负成分。

### 4.1 工作记忆中汉字与空间信息的定位与分离

本研究发现,P260 在 F3/ F4 点的波峰最大,汉字任务右半球显著大于左半球,空间任务左右半球没有显著差异。P260 的潜伏期表现为汉字任务左半球长于右半球,空间任务右半球长于左半球。

N150 在 P3/ P4 点的波峰最大,N150 的潜伏期所有主效应和交互作用均不显著。Awh 等<sup>[25]</sup>发现在探测记忆位置时 ERP 早成分增大。Mecklinger 和 Muller<sup>[26]</sup>检验了工作记忆中物体和空间信息的编码和保持是否与不同的 ERP 成分相联系。他们分别在学习阶段和测验阶段记录 ERP。两种任务在学习阶段均诱发了相同的 ERP 成分,确认为 N100, P200, P300 和慢波。在刺激呈现后 225ms 时,后部记录位置的 ERP 开始出现差异。枕部的 P200 成分最大,观察到客体记忆在后部颞叶记录位置出现右半球优势,但空间记忆任务没有左右半球差异。其 P300 的头皮分布也存在任务间差异。

本研究还发现,头皮前部 LPC 平均波幅汉字任务显著大于空间任务,汉字易于进行默读复述,消耗的认知资源较多。左半球记录点汉字任务的平均波幅显著大于空间任务,空间任务右半球的平均波幅显著大于左半球。头皮后部 LNC 平均波幅差异均不显著。汉字与空间信息的分离主要表现在 400 ~ 800ms 时头皮前部额叶皮层,后部分离不明显。Mecklinger 和 Muller<sup>[26]</sup>发现,刺激后 400ms 客体记忆在额部 P300 及随后的慢波产生了差异,空间工作记忆中无此效应。他们认为,可能是由于空间任务与客体任务相比记忆策略较少造成的。Geffen 等<sup>[27]</sup>采用事件相关慢电位探讨了视觉空间工作记忆任务中记忆负荷效应,发现头皮前部电极比头皮后部电极记录的差异更大,这与本研究的结果一致。Martin-Loeches 等<sup>[28]</sup>以编码进入记忆的空间位置和动作方向的 ERP 为指标发现,空间工作记忆与动作方向工作记忆的 ERP 模式存在重要的差异。综上所述,工作记忆中不同类型信息的编码和复述在功能和解剖结构上存在不同子系统的证据,符合工作记忆认知模型<sup>[2]</sup>。这提示工作记忆中信息的保持可能是根据信息类型(词语、客体或空间)进行组织的。但无论是采用空间任务或词语任务,均存在一个工作记忆激活回路把头皮前部额叶和后部顶枕叶联结起来。

#### 4.2 反映工作记忆的 ERP 是正波还是负波?

在本研究中,延迟阶段保持工作记忆中的汉字和空间信息均激活头皮前部额叶皮层和后部顶叶皮层。头皮前部是正波,后部是负波,潜伏期均在 400 ~ 800ms 之间。Geffen 等<sup>[27]</sup>发现延迟阶段记忆的慢电位与感觉试验相比显著偏向负向。Martin-Loeches 等<sup>[28]</sup>发现视觉空间工作记忆诱发出额叶分布的负向慢波。Ruchkin 等<sup>[20]</sup>认为工作记忆中的加工与负波有关,而另一些研究<sup>[17, 29, 30]</sup>则发现是正波。Gevins 等<sup>[17]</sup>采用 *n*-back 再认任务研究发现,右半球顶叶部位正向慢波(positive slow wave)的活动与有准备的持续注意位置有关。Garcia-Larrea 和 Cezanne-Bert<sup>[29]</sup>研究了刷新 2 个或 3 个项目的工作记忆任务,正慢波 P3 的基线波峰与工作记忆的提取相关,与记忆刷新成分分离。Kiss 等<sup>[30]</sup>采用运转再认任务发现,250 ~ 1100 ms 时间窗口的 ERP 波幅随记忆负荷的增加进一步增高,反映了记忆刷新和干扰抑制。Kusak 等<sup>[31]</sup>采用回忆式运转记忆任务<sup>[32]</sup>发现,晚期复杂正成分(late positive complex)潜伏期在刺激呈现后 500 ~ 1000ms 之间,在顶中央

部(centro-parietal)最大的正向分布,并随记忆难度增大。执行活动较多位于额中央部和前外侧(fronto-central & anterior lateral)。这不仅仅反映了刷新执行功能,而且反映了记忆负荷效应和工作记忆内容的保持。

#### 4.3 左右半球优势的动态变化

整合本研究中 ERP 成分分析和脑电地形图发现,在头皮前部,空间任务从 P260 的左右半球均衡变化为 400 ~ 800ms 更多激活右半球。可见 fMRI 研究<sup>[3-5]</sup>发现的工作记忆中空间信息的右半球优势在刺激消失 300ms 并未发生,而是在刺激消失 400ms 后才开始显现,并一直持续到 800ms 后。

汉字任务 P260 为右半球优势,400 ~ 800ms 转化为左半球的激活程度显著大于空间任务。汉字信息的保持在早期 100 ~ 300ms 时是右半球相对优势,在晚期 400 ~ 800ms 转变为左半球相对优势。工作记忆中信息的保持呈现出一种动态变化的左右半球优势效应。这与以英文字母为材料的研究结论不尽相同。工作记忆中保持汉字不能静态地讲是大脑哪一侧半球占优势。汉字是由象形文字发展而来,其认知加工具有区别于西方拼音文字的特点。本研究中汉字任务 P260 的潜伏期左半球长于右半球,工作记忆中加工汉字时左右半球之间存在信息传递,汉字可能在右半球进行字形的空间形体加工时,表现出右半球优势。随后将信息传送至左半球进行语义加工,这时就表现出左半球优势。罗跃嘉和魏景汉等认为,左右半球的功能关系只不过是高级功能加工的动态过程的一个组成部分,两个半球在加工时是分工与合作且不断变化的动态关系<sup>[33]</sup>。优势半球应从加工速度和强度两个维度来理解,静态优势半球已难以解决大脑多维变化的复杂性<sup>[34]</sup>,本研究支持了优势半球多维动态假说。

工作记忆认知模型中语音回路和视觉空间存贮(对应词语与空间信息)是静态结构<sup>[1, 2]</sup>,未能体现出信息复述、保持和存贮的动态加工过程。本研究中 N150 可能表示大脑后部顶枕叶参与工作记忆中信息编码的开始,P260 可能反映了大脑中前部额叶开始参与工作记忆信息的保持。LPC 可能体现了工作记忆中信息的复述,LNC 则可能是存贮的指标。上述加工成分的分离我们将在以后研究中进行探讨。

致谢:Ruchkin 教授提供了资料,赵仑、买晓琴、黄宇霞和孟伟等提出建议,谨此致谢!

## 参 考 文 献

- 1 Baddeley A D. Working memory. *Science*, 1992, 225: 556 ~ 559
- 2 Baddeley A D. Is Working Memory Still Working? *American Psychologist*, 2001, 56: 849 ~ 864
- 3 Baker S C, Frith C D, Frackowiak R S J, Dolan R J. Active representation of shape and spatial location in man. *Cerebral Cortex*, 1996, 6: 612 ~ 619
- 4 McCarthy G, Puce A, Constable R T, Krystal J H, Gore J C, Goldman-Rakic P S. Activation of human prefrontal cortex during spatial and nonspatial working memory tasks measured by functional MRI. *Cerebral Cortex*, 1996, 6: 600 ~ 611
- 5 Belger A, Puce A, Krystal J H, Gore J C, Goldman-Rakic P, McCarthy G. Dissociation of mnemonic and perceptual processes during spatial and nonspatial working memory using fMRI. *Human Brain Mapping*, 1998, 6: 14 ~ 32
- 6 Awh E, Jonides J, Smith E E, et al. Dissociation of storage and rehearsal in verbal working memory: evidence from positron emission tomography. *Psychological Science*, 1996, 7: 25 ~ 31
- 7 Paulesu E, Frith C D, Frackowiak R S J. The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 1993, 362: 342 ~ 345
- 8 Smith E E, Jonides J. Working Memory: A View from Neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 1997, 33(1): 5 ~ 42
- 9 Henson R N A, Burgess N, Frith C D. Recoding, storage, rehearsal and grouping in verbal short-term memory: an fMRI study. *Neuropsychologia*, 2000, 38: 426 ~ 440
- 10 Jonides J, Smith E E, Koeppe R A, Awh E, Minoshima S, Mintun M A. Spatial working memory in humans as revealed by PET. *Nature*, 1993, 363: 623 ~ 625
- 11 Smith E E, Jonides J, Koeppe R A. Dissociating verbal and spatial working memory using PET. *Cerebral Cortex*, 1996, 6: 11 ~ 20
- 12 D'Esposito M, Postle B R, Rypma B. Prefrontal cortical contributions to working memory: evidence from event-related fMRI studies. *Experimental Brain Research*, 2000, 133: 3 ~ 11
- 13 Cohen J D, Perlstein W M, Braver T S, Nystrom L E, Noll D C, Jonides J, Smith E E. Temporal dynamics of brain activation during a working memory task. *Nature*, 1997, 386: 604 ~ 608
- 14 Courtney S M, Ungerleider L G, Keil K, Haxby J V. Transient and sustained activity in a distributed neural system for human working memory. *Nature*, 1997, 386: 608 ~ 611
- 15 Rypma B, D'Esposito M. The roles of prefrontal brain regions in components of working memory: effects of memory load and individual differences. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1999, 96: 6558 ~ 6563
- 16 Rosler F, Bajric J, Heil M, et al. Gedächtnisspuren im EEG. *Z. Exp. Psychol.* XLIV, 1997, 1: 4 ~ 37
- 17 Gevins A, Smith M E, Le J, et al. High resolution evoked potential imaging of the cortical dynamics of human working memory. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1996, 98: 327 ~ 348
- 18 Mecklinger A, Pfeifer E. Event-related potentials reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Cogn. Brain Res.* 1996, 4: 211 ~ 224
- 19 Ruchkin D S, Johnson R, Canoune H, Ritter W. Short-term memory storage and retention: an event-related potential study. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1990, 76: 419 ~ 439
- 20 Ruchkin D S, Johnson R, Grafman J, Canoune H, Ritter W. Distinctions and similarities among working memory processes: an event-related potential study. *Cogn. Brain Res.* 1992, 1: 53 ~ 66
- 21 Ruchkin D S, Grafman J, Krauss G L, Johnson R, Canoune H, Ritter W. Event-related brain potential evidence for a verbal working memory deficit in multiple sclerosis. *Brain*, 1994, 117: 289 ~ 305
- 22 Ruchkin D S, Canoune H, Johnson R, Ritter W. Working memory and preparation elicit different patterns of slow wave event-related brain potentials. *Psychophysiology*, 1995, 32: 399 ~ 410
- 23 Rosler F, Heil M. Toward a functional categorization of slow waves: taking into account past and future events. *Psychophysiology*, 1991, 28: 344 ~ 364
- 24 Bei G Q, Zhang X T. Chinese character frequency statistics. Beijing: Electronic industry press, 1988. 56 ~ 76  
(贝贵琴, 张学涛(汇编). 汉字频度统计. 北京: 电子工业出版社, 1988. 56 ~ 76)
- 25 Awh E, Anllor-Vento L, Hillyard S A. The role of spatial selective attention in working memory for locations: evidence from event-related potentials. *Journal of cognitive neuroscience*, 2000, 12(5): 840 ~ 847
- 26 Mecklinger A, Muller N. Dissociations in the processing of "what" and "where" information in working memory: an event-related potential analysis. *Journal of cognitive neuroscience*, 1996, 8(5): 453 ~ 473
- 27 Geffen G M, Wright M J, Green H J, et al. Effect of memory load and distraction on performance and event-related slow potentials in visuospatial working memory task. *Journal of cognitive neuroscience*, 1997, 9(6): 743 ~ 757
- 28 Martin-Loeches M, Valdes B, Gomez-Jarabo G, et al. Working memory within the visual dorsal stream: Brain potentials of spatial location and motion direction encoding into working memory. *International journal of neuroscience*, 1998, 96: 87 ~ 105
- 29 Garcia-Larrea L, Cezanne-Bert G. P3, positive slow wave and working memory load: a study on the functional correlates of slow wave activity. *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.* 1998, 108: 260 ~ 273
- 30 Kiss I, Pisis C, Francois A, Schopflocher D. Central executive function in working memory: event-related brain potential studies. *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 1998, 6: 235 ~ 247
- 31 Kusak G, Grune K, Hagedorf H, et al. Updating of working memory in a running memory task: an event-related potential study. *International Journal of Psychophysiology*, 2000, 39: 51 ~ 65
- 32 Morris N, Jones D M. Memory updating in working memory: the role of the central executive. *Br. J. Psychol.* 1990, 81: 111 ~ 121
- 33 Luo Y J, Wei J H, et al. ERP effects of recognition of Chinese

spoken and written words and neural mechanism of retrieval. *Acta Psychologica Sinica*, 2001, 33(6): 489 ~ 494  
 (罗跃嘉, 魏景汉等. 汉字视听再认的 ERP 效应与记忆提取脑机制. *心理学报*, 2001, 33(6): 489 ~ 494)

34 Wei J, Peng D, Yang Z, et al. The hemispheric difference of semantic processing of Chinese characters in two dimensions as revealed by ERPs. *NeuroReport*, 2001, 12(17): 3697 ~ 3701

## ERP EFFECTS OF DISSOCIATION AND DYNAMIC HEMISPHERIC DOMINANCE OF CHINESE CHARACTERS AND SPATIAL INFORMATION IN WORKING MEMORY

Wang Yiwen, Lin Chongde

(*Institute of Developmental Psychology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China*)

Wei Jinghan, Luo Yuejia, Wei Xing

(*Key Laboratory of Mental Health, Institute of Psychology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China*)

### Abstract

Event-related brain potentials were measured when 14 normal young participants were performing delay response tasks. During the delay interval after the disappearance of Chinese characters and spatial stimulus, P260 and late positive component (LPC) were generated in centro-frontal areas, N150 and late negative component (LNC) were elicited in parieto-occipital areas. Chinese character task changed from the right hemispheric dominance indicated by P260 to the more activation than spatial task between 400 ~ 800ms at the centro-anterior areas. Spatial task changed from the balance of brain hemispheres to right hemispheric dominance. The posterior of scalp have not difference. The results provided electrophysiologic evidences of dissociation and dynamic hemispheric dominance of maintaining Chinese characters and spatial Information in working memory.

**Key words** working memory, Chinese characters and spatial information, hemispheric dominance, delay response task, event-related potentials (ERPs).