

短时存贮与复述动态分离的 ERP 证据*

王益文 林崇德

魏景汉 罗跃嘉

(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 工作记忆参与信息的短时存贮和操作加工。为了分离参与词语短时存贮与复述的脑区及其时间过程, 测量并比较了 14 名正常青年被试进行汉字 2-back, 0-back 和复述任务时的事件相关电位(ERPs)。结果发现, 2-back 任务减复述任务在头皮后部出现差异波 N430, 可能反映了信息的短时存贮及其时间进程。2-back 任务减 0-back 任务在头皮前部所得的持续负成分 SNC 可能是复述加工的动态指标。SNC 和 N430 持续时间的重叠提示, 大脑额叶和后部区域分别参与信息的复述和短时存贮, 两者的动态分离加工可能是工作记忆中暂时保持的神经基础。

关键词 工作记忆, 短时存贮, 复述, N-back 任务, 事件相关电位。

分类号 B842

1 引言

信息的短时存贮与复述是人类知识获得和记忆形成的关键环节, 这种认知活动被组织在工作记忆(working memory, WM)的理论框架中进行研究。Baddeley 提出的工作记忆多成分认知模型由中央执行系统和视觉空间存贮与语音回路三部分组成^[1]。语音回路负责词语信息的存贮和加工, 该子系统由两部分组成。一部分是语音存贮(phonological store), 它能保持语音信息 1 至 2 秒, 其中的项目均由语音结构来表征。另一部分是发音控制加工(articulatory control process), 其功能一是词语复述, 通过默读重新激活消退中的语音存贮表征来防止记忆消退; 二是语音转换, 将书面词语转换为语音代码储存在“语音存贮”中^[2]。

语音回路是短时记忆容量的基础, 其保存的项目数是记忆痕迹消退速率与默读复述重新激活速率的复合函数。在工作记忆系统中保持信息需要同时进行存贮和复述加工。为了分离词语工作记忆的存贮和复述成分, Paulesu 等用词语延迟反应任务与字母押韵(rhyme)任务比较发现左侧顶叶下部激活, 但额叶无激活^[3]。延迟反应任务包含存贮和复述成分, 而押韵任务仅包含复述成分, 相减后发现的激活区域可以解释为是掌管词语存贮的大脑部位。Awh 等发现后部顶叶皮层参与语音存贮, 左腹外侧

前额叶皮层(ventrolateral prefrontal cortex, VPMC)和前运动区参与默读复述^[4]。Postle 等呈现 2 个或 5 个字母要求记忆, 然后再判断以确定负荷敏感区域。另一任务则要求操作 5 个字母排序以确定操作敏感区域。事件相关 fMRI 的结果发现所有被试的左外侧裂(Perisylvian)表现出字母负荷敏感而不对操作敏感, PFC 则表现出相反的模式。这一双分离表明了后部 Perisylvian 区在存贮过程中所起的作用^[5]。

Fiez 等的研究与上述结果不一致^[6]。他们要求被试编码五个词或非词并在保持 40 秒后提取, 在保持的 40 秒间隔中进行 PET 扫描, 结果没有发现顶叶激活。他们认为, 这可能是由于顶叶激活实际是由于编码或提取过程而不是存贮过程引起的。Jonides 等用行为实验证明, Fiez 等人发现顶叶没有激活是因为其脑成像数据受到了语义存贮的严重影响, 而不是语音与表征的结果。Jonides 等采用非词材料的延迟反应任务, 减少了信息以语义编码存贮的可能, PET 扫描发现顶叶后部在存贮条件时激活^[7]。他们认为左侧顶叶后部皮层在大多数词语工作记忆任务中激活, 对语音编码和存贮具有特殊作用。与这一观点相佐证, 词语工作记忆缺陷病人存贮语音编码时表现异常, 但存贮语义和视觉编码时却表现正常。

PET 或 fMRI 在工作记忆研究中多用于其子

收稿日期: 2004-06-21

* 教育部人文社科基地重大项目(01JAZJDXLX001)。

通讯作者: 林崇德, E-mail: lingchongde@263.net

系统功能定位,较少探讨其加工的时间过程。随着研究成果的积累和进一步深入的要求,对工作记忆动态加工过程的研究变得更为重要。事件相关电位(ERP)具有毫秒级的时间分辨率,弥补了fMRI时间分辨率低的不足。多导记录(64~128,甚至是256导)和偶极子源定位也使ERP成为了一种重要的脑成像技术。已有研究采用ERP技术研究了视觉空间存贮和语音回路成分^[8,9],探讨其认知加工的时间进程^[10~12]。已有词语工作记忆研究的刺激材料多为英文字母,我们采用汉字材料的延迟反应任务研究发现,汉字保持在延迟阶段100~300ms时是右半球相对优势,400~800ms表现出与空间任务相比较的左半球相对优势,呈现出一种动态变化的左右半球优势效应^[13]。信息保持同时需要复述和短时存贮,那么大脑哪些区域分别参与短时存贮和复述加工呢?工作记忆中词语短时存贮和复述的动态加工过程如何?本研究比较汉字2-back、0-back和复述任务的ERP成分,试图分离工作记忆中短时存贮和复述成分的功能定位及其时间过程。

2 方法

2.1 被试

来自北京高校的14名大学生和研究生,均为右利手,男6名女8名,年龄在19~24岁之间,平均为20.7岁。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

本研究从《汉字频度统计表》^[14]的一级和二级常用字中随机选取143个汉字。2-back、0-back和复述任务中汉字笔画数和字频的平均数及标准误差见表1,任务之间不存在差异。字体为48号标准宋体,呈现方式为黑底白字。

表1 2-back、0-back和复述任务的汉字材料的匹配指标

	汉字个数	笔画数	字频(每万字)
2-back任务	37	7.95±0.46	12.32±2.55
0-back任务	36	7.03±0.52	10.58±1.88
复述任务	70	7.89±0.35	8.66±1.42
合计	143	7.69±0.25	10.09±1.07
F(2,142)		1.22, $p=0.30$	1.03, $p=0.36$

2.3 实验程序

采用2-back任务、0-back任务和复述任务,其刺激呈现顺序与时间过程示例见图1。2-back任务

在屏幕中央呈现单个汉字的序列,汉字呈现时间为1500ms,ISI刺激间隔为1500ms。要求在汉字呈现时判断当前汉字是否与向前第2个呈现的汉字相同。采用反应盒按键,左右手拇指按键顺序进行被试间平衡。0-back任务的刺激呈现参数与2-back任务相同,只需判断当前汉字是否与预先确定的目标汉字(如“观”)相同。2-back和0-back任务中汉字在前面出现与否的比例各占50%,随机排列。复述任务要求在汉字消失后的刺激间隔,立即连续无声复述前面出现的汉字直到下一个汉字出现为止,无须判断和按键反应。2-back任务包括72组汉字单元,0-back和复述任务包括70组。三项实验分别进行,任务顺序进行被试间平衡。正式实验前,被试进行与实验相同的20次单元练习序列以熟悉实验程序。为了避免出现再认效应,练习材料与正式实验的刺激材料不同。

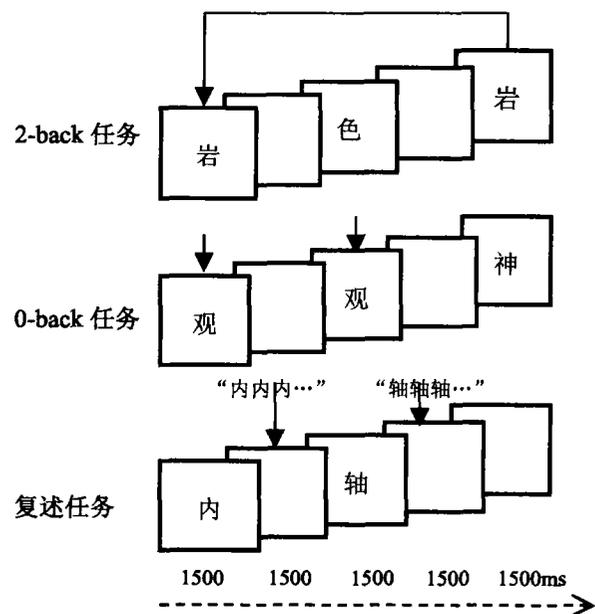


图1 2-back、0-back和复述任务的刺激呈现顺序与时间过程示例

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。以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<5KΩ。

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。本研究仅对刺激间隔阶段的脑电进行分析,并且根据反应阶段的结果,对反应正确的 EEG 进行叠加。2-back 任务的第 1-2 个汉字前面没有可比较的汉字,因而在叠加中被排除。波幅大于 $\pm 100\mu\text{V}$ 者被视为伪迹而自动剔除。分析时程(epoch)为刺激消失后 1500ms,基线为刺激消失前 200ms。根据已有研究结果与本研究目的,选取头皮前部的 AF3/AF4、F7/F8、F3/F4、T7/T8 和 C3/C4,头皮后部的 P3/P4、PO3/PO4 和 O1/O2,共 16 个电极进行统计分析。对头皮前部和后部分别进行任务 \times 左右半球 \times 电极三因素重复测量方差分析。方差分析的 P 值采用 Greenhouse-Geisser 法校正。

3 结果

3.1 行为数据

2-back 任务($96.3 \pm 2.9\%$)的正确率显著低于 0-back 任务($99.4 \pm 1.2\%$), $t = -3.54, p < 0.01$ 。2-back 任务的反应时($713 \pm 89.9\text{ms}$)显著长于 0-back 任务($597 \pm 53.8\text{ms}$), $t = 5.59, p < 0.001$ 。

3.2 ERP 结果

为分离工作记忆中进行词语(汉字)复述和存贮的脑区及其时间过程,本研究比较了三种实验任务中刺激序列间隔的 ERP(见图 2)。2-back 和 0-back 任务均在头皮前部诱发出 P230 和晚期正成分(Late Positive Component, LPC),LPC 从 400ms 开始持续至 800ms 以后;在头皮后部诱发出 N150 和晚期负成分(Late Negative Component, LNC),LNC 从 400ms 开始持续至 800ms 左右。复述任务诱发的 P230 波幅较小,300ms 后一直围绕 X 轴线上波动。

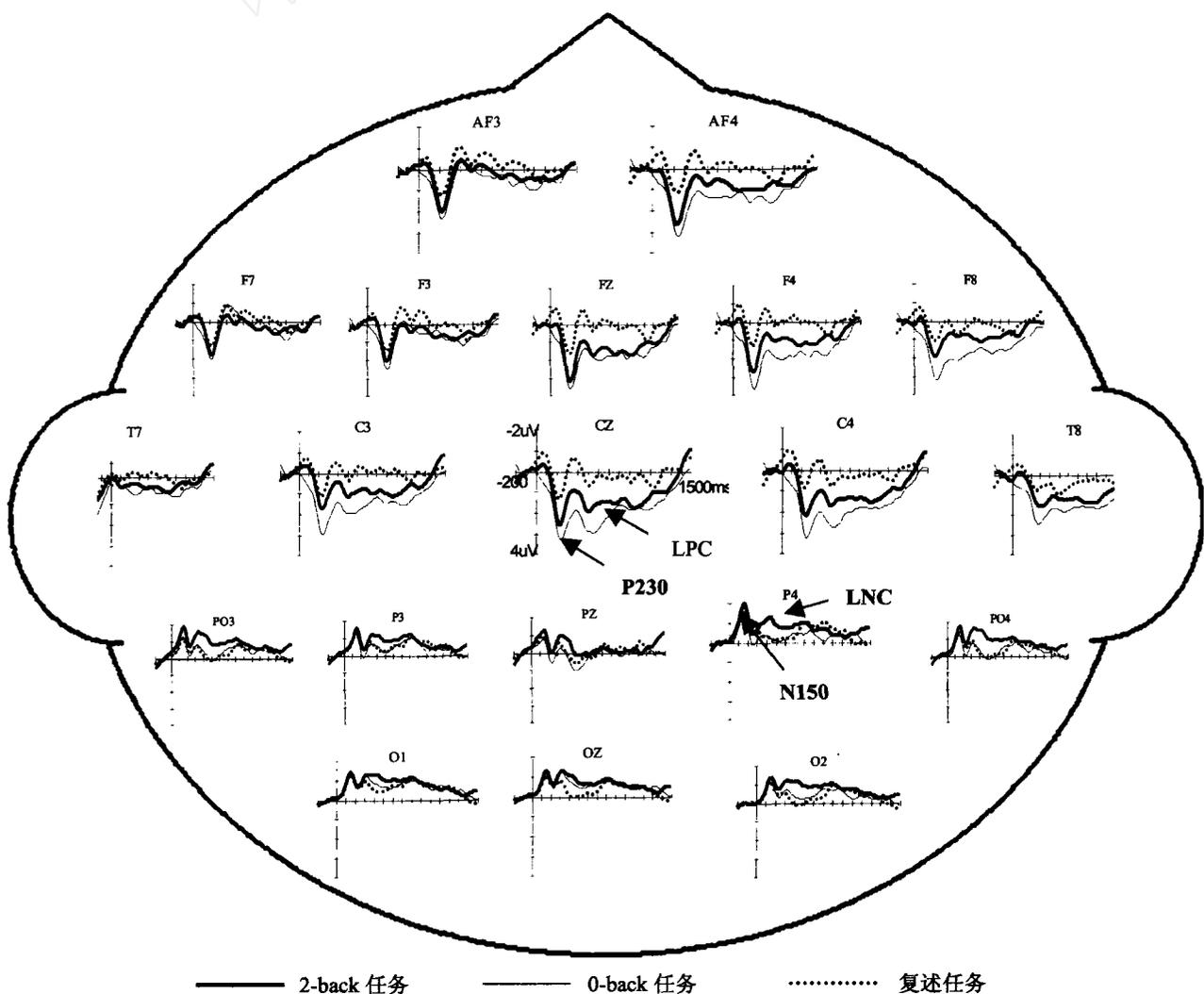


图 2 三种实验任务的 ERP 总平均图($n=14$)

3.3 ERP 成分的方差分析

3.3.1 头皮后部的 N1 和 LNC N150 和 P230 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 LNC(400~600ms)和 LPC(400~800ms)的平均波幅值。头皮后部 N150 的波峰和潜伏期的所有主效应及交互作用均不显著。头皮后部 LNC 的任务主效应显著, $F(2, 26) = 3.82, p < 0.05$ 。多重比较表明,2-back 任务 LNC 的平均波幅显著大于复述任务 ($p < 0.05$) 和 0-back 任务 ($p < 0.05$)。2-back、0-back 和复述任务 ERP 各成分的波幅和潜伏期见表 2。

3.3.2 头皮前部的 P230 和 LPC 对头皮前部 P230 的波幅进行三因素重复测量方差分析,其任务

主效应显著, $F(2, 26) = 11.59, p < 0.01$ 。多重比较表明,2-back 任务 P230 的波幅显著大于复述任务 ($p < 0.05$),但小于 0-back 任务 ($p < 0.05$)。0-back 任务 P230 的波幅也显著大于复述任务 ($p < 0.01$)。电极位置主效应也显著, $F(4, 52) = 6.08, p < 0.01$, F3/F4 点的波幅显著大于 F7/F8 和 T7/T8 点 ($p < 0.01$),但与 AF3/AF4 和 C3/C4 点的差异不显著。T7/T8 点的波幅显著小于其它点 ($p < 0.05$)。P230 和 LPC 在各电极上的波幅见图 3。对 P230 的潜伏期进行三因素重复测量方差分析发现,其左右半球主效应显著, $F(1, 13) = 6.84, p < 0.05$, P230 右半球的潜伏期 ($245 \pm 4.7\text{ms}$) 显著长于左半球 ($227 \pm 6.2\text{ms}$)。

表 2 2-back、0-back 和复述任务各 ERP 成分的波幅和潜伏期

	P230 波幅(μV)	P230 潜伏期(ms)	LPC 波幅(μV)	N1 波幅(μV)	N1 潜伏期(ms)	LNC 波幅(μV)
2-back 任务	2.36 ± 0.24	237 ± 6.4	0.68 ± 0.42	-2.16 ± 0.26	147 ± 5.0	-1.24 ± 0.77
0-back 任务	3.22 ± 0.33	242 ± 7.6	1.17 ± 0.39	-1.72 ± 0.29	147 ± 5.2	-0.27 ± 0.71
复述任务	1.52 ± 0.32	228 ± 4.8	-0.08 ± 0.35	-1.76 ± 0.24	150 ± 5.5	-0.24 ± 0.43

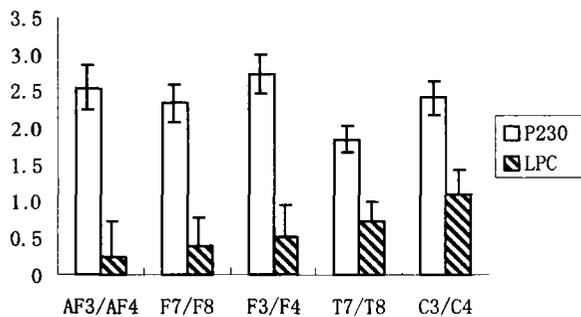


图 3 P230 和 LPC 在各电极上的波幅(μV)

对头皮前部 LPC 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, $F(2, 26) = 11.73, p < 0.001$ 。多重比较表明,2-back 和 0-back 任务的 LPC 平均波幅显著大于复述任务 ($p < 0.05$, $p < 0.01$),但 2-back 任务只在右侧前额部的 LPC 平均波幅 ($1.05 \pm 0.38 \mu\text{V}$) 显著小于 0-back 任务 ($1.85 \pm 0.34 \mu\text{V}$, $p < 0.01$),左侧前额部没有显著差异。电极位置主效应也显著, $F(4, 52) = 3.96, p < 0.01$, C3/C4 点的波峰最大,显著大于 AF3/AF4、F7/F8 和 T7/T8 点 ($p < 0.05$)。

3.4 ERP 差异波

2-back 任务减复述任务和 2-back 任务减 0-back 任务所得的差异波见图 4。由图可以看出,2-back 任务减复述任务在头皮后部顶枕叶出现差异

波 N430,200~1000ms 左右在头皮前部出现持续正成分(Sustained Positive Component, SPC)差异波。2-back 任务减 0-back 任务在头皮后部顶枕区也出现差异波 N430,两种减法得到的 N430 波形(波峰和潜伏期)几乎完全一致。在头皮中部从刺激消失开始出现持续差异负成分(Sustained Negative Component, SNC),直至 800ms 左右结束。

4 讨论

本研究比较了三项实验任务刺激间隔的 ERPs,试图分离工作记忆中短时存贮和复述加工成分的神经基础。2-back 任务要求注视一个连续的刺激序列,顺序保持最近的 2 个刺激,在每一个刺激出现时丢弃旧信息并输入新信息,从而刷新刺激序列。执行 2-back 任务在刺激间隔阶段至少需要以下认知加工:1、刷新保持在工作记忆中的 2 个项目及其时间编码,2、存贮这些项目及其时间编码,3、复述这些项目及编码^[15]。0-back 任务仅需不断刷新当前刺激以匹配目标靶刺激。2-back 和 0-back 任务中汉字序列的呈现参数完全相同,在知觉和反应要求上匹配严格,其信息刷新和反应选择的执行控制没有区别。2-back 任务的工作记忆负荷大于 0-back 任务,相减后得到纯粹的保持加工,包括主动复述和被动存贮。复述任务无须任何判断反应,只含有复述加工成分。三项任务刺激间隔阶段可能包

含的认知成分见表 3。

4.1 顶枕叶区域在短时存贮中的作用

在头皮后部顶枕叶区域,2-back 任务 LNC 的平均波幅显著大于复述任务,两任务相减后出现了差异波 N430。2-back 任务减复述任务将得到词语存贮成分,差异波 N430 可能反映了工作记忆中词语的短时存贮。Awh 等比较 2-back 任务和一个没有存贮要求的连续无声的重复任务,观察到顶叶下部皮层激活^[4]。这表明左侧顶叶下部皮层是参与工作记忆任务中词语存贮的中心区域。Smith 和 Jonides 在比较参与保持或复述加工的 PFC 时,强调顶叶皮层在存贮过程中的作用^[16]。顶叶后部皮层是一个多模式联系皮层区域,它接收和投射所有信息模块到其它初级和单模式联系区域(如感觉、听

觉和视觉)。Paulesu 等发现延迟反应任务减字母押韵任务时左侧顶叶下部激活^[3],分析短时存贮的时间过程发现,头皮后部 N150 并不存在任务间的差异,LNC 在 400~600ms 之间时 2-back 任务显著大于复述任务。N430 至 800ms 左右结束,推测短时存贮从 200ms 开始到 800ms 左右存贮完成,400-600ms 期间是存贮的高峰期,N430 动态反映了工作记忆中存贮加工的时间过程。

表 3 2-back、0-back 和复述任务刺激间隔阶段的认知成分

	复述	存贮	执行控制
2-back 任务	✓	✓	✓
0-back 任务			✓
复述任务	✓		

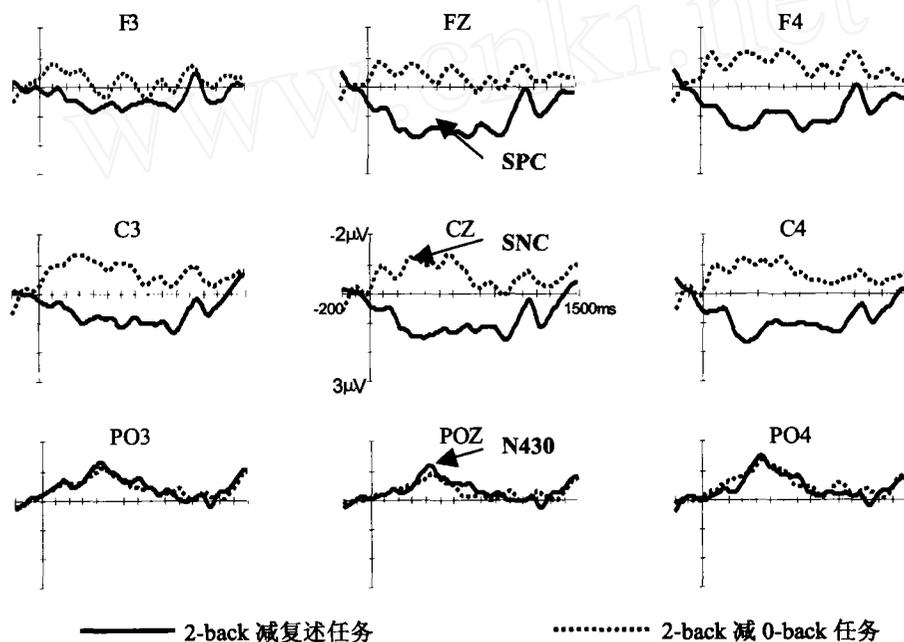


图 4 2-back 任务减复述任务和 0-back 任务所得的 ERP 差异波 ($n=14$)

在头皮前部,2-back 任务的 P230 和 LPC 波幅均显著大于复述任务,相减后在头皮前部出现了 SPC。Paulesu 等发现额叶无激活^[3],Awh 等发现布洛卡区和前运动皮层无激活^[4],两区域即参与 2-back 任务又参与复述任务,因而在相减后没有观察到激活。但补充运动区(supplementary motor area, SMA)在相减后仍有激活,虽然 SMA 与复述加工有联系^[17]。他们认为,复述任务可能没有充分参与全部复述加工的执行。还有可能就是这些区域只是调节与复述无关的加工^[18]。头皮前部差异波 SPC 可能反映了 2-back 任务减复述任务后剩余的

执行控制成分(见表 3)。200-1000ms 左右在头皮前部出现的 SPC,在 N430 结束后仍然持续,可能与反应预期和准备有关。因为,2-back 任务要求在当前刺激与两个刺激之前的刺激进行匹配并做出判断反应,而复述任务仅是没有存贮要求进行连续无声地重复,不进行判断反应。与 n-back 任务减复述任务的模式不同,Paulesu 等采用延迟反应任务与字母押韵任务相减。延迟反应任务是一种纯保持任务,n-back 任务含有一些执行控制的成分,如刷新和时间序列监控等^[15],字母押韵任务要求被试判断字母是否与目标字母押韵并做出反应。额叶有无激活可

能与认知减法采用的具体实验任务有关。而且 SPC 的极性是正波,这与最近研究中执行波^[13, 19]的极性一致。尽管如此,SPC 的意义仍需要进一步研究证实。

4.2 复述加工的 ERP 指标及其时程

根据表 3 中的逻辑,2-back 任务减 0-back 任务将得到参与词语存贮和复述的脑区。本研究在头皮后部顶枕叶区域,2-back 任务 LNC(400~600ms)的平均波幅显著大于 0-back 任务,相减后在头皮后部得到差异波 N430,与 2-back 减复述任务得到的 N430 波形极为接近。差异波 N430 在两个认知减法中均出现,可能是短时存贮成分在该认知减法中的反映。

在头皮前部 2-back 任务的 P230 波幅显著小于 0-back 任务,其 LPC 平均波幅在右侧前额部显著小于 0-back 任务,相减后主要在 C3 点和头皮前部右侧出现 SNC。Awh 等发现 2-back 任务减 0-back 任务除激活后部顶叶皮层外,还激活左侧 VPFC (BA44/Broca's areas)、前运动区和补充运动区^[4],他们认为,该神经环路可能是词语复述的神经基础。通过比较两种认知减法发现,左侧 VPFC 和运动区参与默读(subvocal)复述,因为它们仅在 2-back 任务减 0-back 任务中激活,而在 2-back 任务减复述任务中没有激活。本研究 SNC 主要存在于右半球,Awh 等的 PET 检测中也发现右侧顶叶上部、前运动皮层和补充运动皮层均有激活,只是强度低于左半球。

对复述加工的时间过程分析发现,头皮前部 P230 存在任务间的差异,右额 LPC 从 400ms 至 800ms 任务间有差异。SNC 从刺激消失开始出现持续至 800ms 左右结束,表明复述加工自刺激一消失时开始至 800ms 左右结束。SNC 动态反映了复述加工的时间过程,可能是工作记忆中复述加工的指标。理由有三:其一,SNC 仅在头皮前部 2-back 任务减 0-back 任务中出现,在 2-back 任务减复述任务中不出现。2-back 任务减复述任务出现的 SPC 与其极性相反,并且 SPC 从 200ms 至 1000ms,SNC 是 0-800ms,其起始时间也不一致。因此两者不可能是同一个成分。其二,头皮前部的 SNC 与头皮后部的 N430 的持续时间基本一致,均自刺激消失开始出现持续至 800ms 左右结束。其三,SNC 的极性为负向,与最近大多数研究发现的执行控制 ERP 波不一致,不大可能是执行控制的成分。

4.3 综合讨论

记忆形成的脑机制是脑科学研究的重要问题。信息的短时存贮与复述是记忆保持,进而长期储存在大脑中而获得知识的关键环节。工作记忆是外部输入信息与内部提取信息相互作用的交界和加工空间,对推理、理解、计划和问题解决等提供必要的信息。有工作记忆脑模型认为,空间存贮区部分位于右侧顶叶后部,其复述加工通过前运动区等组成的右侧额顶回路实现;而词语存贮激活左侧顶叶后部,其复述加工受 Broca 区、左侧前运动区和补充运动区组成的额叶皮层回路调节^[20]。本研究结果与已有研究的这些结果基本一致,ERP 结果初步揭示了短时存贮与复述加工脑区激活的时间过程,信息的短时保持可能依靠大脑前后不同区域完成。工作记忆的神经机制复杂,不仅依赖大脑皮层,皮质下结构如基底节(basal ganglia)和丘脑(thalamus)等也在起着重要的作用。今后可将 fMRI 和 ERP 相结合,取得高时间分辨率与高空间分辨率的结果,分析时空两个维度结合变化的动态过程,以探讨信息短时存贮与复述的神经机制。

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 Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. J. The neural correlates of the verbal component of working memory. *Nature*, 1993, 362, 342~345
- 4 Awh E, Jonides J, Smith E E, Schumacher E H, Koeppel R A, & Katz S. Dissociation of storage and rehearsal in verbal working memory: evidence from positron emission tomography. *Psychological Science*, 1996, 7: 25~31
- 5 Postle B R, Berger J S, D'Esposito, M. Functional neuroanatomical double dissociation of mnemonic and executive control processes contributing to working memory performance. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1999, 96: 12959~12964
- 6 Fiez J A, Raife E A, Balota D A, et al. A positron emission tomography study of the short-term maintenance of verbal information. *J. Neurosci*, 1996, 16: 808~822
- 7 Jonides J, Smith EE, Marshuetz C, Koeppel RA, Reuter-Lorenz P A. Inhibition of verbal working memory revealed by brain activation. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1998, 95: 8410~8413
- 8 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
- 9 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
- 10 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
- 11 Mecklinger A, Pfeifer E. Event-related potentials reveal topographical and temporal distinct neuronal activation patterns for spatial and object working memory. *Cognitive Brain Research*, 1996, 4: 211~224
- 12 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
- 13 Wang Y W, Lin C D, Wei J H, Luo Y J, et al. ERP Effects of Dissociation and Dynamic Hemispheric Dominance of Chinese Characters and Spatial Information in Working Memory. *Acta Psychologica Sinica*, 2004, 36(3): 253~259
- 14 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)
- 15 Cohen J D, Perlstein W M, Braver TS, 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
- 16 Smith E E, Jonides J. Neuroimaging analyses of human working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 1998. 95: 12061~12068
- 17 Petersen S E, Fox P T, Posner M I, et al. , Positron emission tomographic studies of the cortical anatomy of single word processing. *Nature*, 1988, 331:585~589
- 18 Fiez J A, Petersen S E, Cheney M K, et al. Impaired non motor learning and error detection associated with cerebellar damage. *Brain*, 1992, 115: 155~178
- 19 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
- 20 Smith E E, Jonides J. Working Memory: A View from Neuroimaging. *Cognitive Psychology*, 1997, 33(1): 5~42

ERP EVIDENCES OF DYNAMIC DISSOCIATION OF SHORT-TERM STORAGE AND REHEARSAL

Wang Yiwen, Lin Chongde

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

Wei Jinghan, Luo Yuejia

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

Abstract

Working memory (WM) is a system that is used for temporary storage and manipulation of information. For dissociate the brain areas involved in verbal storage and rehearsal, event-related brain potentials were measured when 14 normal young participants were performing 2-back task, 0-back task and rehearsal task of Chinese characters. The difference wave N430 appeared at the posterior of the scalp by subtraction of ERP in the rehearsal task from that in 2-back task, which probably reflected the short-term storage and its time-course. The difference wave of sustained negative component (SNC) appeared at the anterior of the scalp by subtraction of ERP in 0-back task from that in 2-back task, which is a likely dynamic index of rehearsal processes. Frontal lobe and posterior areas of brain maybe govern the rehearsal and short-term storage, respectively. The dynamic division of both areas possibly is neural base of temporarily maintaining in verbal WM.

Key words working memory, short-term storage, rehearsal, n-back task, event-related potentials (ERPs).