

长期高度活跃体力活动对绝经后妇女记忆刷新能力的影响

徐 畅¹, 边青卿², 董 薇³, 周成林^{1*}

1. 上海体育学院运动科学学院运动心理学系, 上海 200438

2. 英国格拉斯哥大学教育学院, 格拉斯哥 G128QQ

3. 第二军医大学心理与精神卫生学系心理学教研室, 上海 200433

[摘要] **目的** 研究绝经后妇女记忆刷新能力受高度活跃体力活动影响的行为和大脑神经活动特点, 为有效帮助绝经后妇女减缓记忆能力衰退和预防损伤提供科学依据。**方法** 采用国际体力活动量表中文版(IPAQ-短卷)评定绝经后妇女日常生活中长期保持的体力活动水平, 选取高度活跃体力活动者 20 例(高度活跃组)和非高度活跃体力活动者 20 例(普通对照组)。运用事件相关脑电位和行为监测技术, 采集两组绝经后妇女在完成记忆刷新任务过程中的行为反应和脑电数据。**结果** 在图形匹配 n -Back 任务中, 高度活跃组在高、低负荷任务中的反应速度和行为准确性均优于普通对照组。在图形信息编码、匹配、刷新和短时储存过程中, 两组的 P3 波幅均随记忆负荷的增加而下降。普通对照组对认知负荷较为敏感, 即 3-Back 的 P3 潜伏期短于 1-Back; 而高度活跃组受记忆负荷影响小, 对认知资源的动员、分配和运用能力强, 即 1-Back、3-Back 的 P3 波峰以及额-中央-顶区 D-N450 波幅均大于普通对照组。**结论** 长期保持高度活跃体力活动的绝经后妇女拥有更强的记忆刷新能力, 具体反映在动作反应能力更优, 对不同记忆负荷的知觉需求适应力强, 对记忆内容编码-匹配-刷新-短时储存过程的认知加工策略更灵活、更高效。

[关键词] 运动活动; 绝经后妇女; 记忆刷新; 阿尔茨海默病

[中图分类号] R 338.64 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2017)01-0048-08

Effect of long-term highly active physical activity on memory updating ability of postmenopausal women

XU Chang¹, BIAN Qing-qing², DONG Wei³, ZHOU Cheng-lin^{1*}

1. Department of Sport Psychology, School of Kinesiology, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China

2. Faculty of Education, University of Glasgow, Glasgow G128QQ, United Kingdom

3. Department of Psychology, Faculty of Psychology and Mental Health, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

[Abstract] **Objective** To study the behaviors and characteristics of memory updating ability in postmenopausal women with highly active physical activity, so as to provide evidence for slowing down memory loss and preventing injury in postmenopausal women. **Methods** The Chinese version of International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-short volume) was used to evaluate the long-term physical activity levels of postmenopausal women, and the involved postmenopausal participants were divided into 2 groups: highly active physical activity group ($n=20$) and normal control group ($n=20$). We collected the behavioral responses and electroencephalograph (EEG) data of postmenopausal women with different levels of physical activity during the memory updating task using event-related brain potentials and behavioral monitoring techniques. **Results** In the graph matching n -Back task, the reaction speed and accuracy of behavior in the high and low load task in highly active physical activity group were higher than those in the control group. In the process of coding, matching, refreshing and short-time storage of information, the amplitudes of P3 in two groups were decreased with the increase of the memory load. The latent period of 3-Back-P3 was significantly shorter than that of 1-Back in control group, indicating that postmenopausal women in control group were more sensitive to cognitive

[收稿日期] 2016-09-27 **[接受日期]** 2016-11-25

[基金项目] 国家体育总局全民健身研究领域课题(2015B078), 上海市人类运动能力开发与保障重点实验室项目(11DZ2261100), 运动认知评定与调控国家体育总局重点实验室项目。Supported by National Fitness Research Project of General Administration of Sport of China (2015B078), Key Laboratory Program of Protection and Development of Human Movement Ability of Shanghai (11DZ2261100), and Key Laboratory Program of Assessment and Regulation of Sport Cognition of General Administration of Sport of China.

[作者简介] 徐 畅, 博士, 讲师。E-mail: xuchang@sus.edu.cn

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-51253160, E-mail: chenglin_600@126.com

load. In highly active physical activity group, the P3 peak of 3-Back, 1-Back and the D-N450 amplitude of frontal, central and parietal area in highly active physical activity group were higher than those in the control group, indicating that the cognitive load had less effect on postmenopausal women in highly active physical activity group, who had a strong ability of mobilization, allocation and application for cognitive resources. **Conclusion** Postmenopausal women with long-term highly active physical activity have stronger memory updating ability, including better ability to respond to movements, stronger adaptability for perceptual requirements of different cognitive loads, and more flexible and efficient cognitive processing capacity for coding, matching, refreshing and short-time memory storage.

[Key words] motor activity; postmenopausal women; memory updating; Alzheimer disease

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2017, 38(1): 48-55]

记忆刷新(memory updating)能力是大脑根据外部环境不断觉察和编码有用信息,在工作记忆中提取相关信息并进行匹配、刷新和短时储存,向特定脑区传递恰当指令、抑制干扰信息,并持续进行修正,以便纳入新信息的能力^[1]。记忆刷新能力是日常生活中最重要的认知能力之一,当记忆刷新功能受损时,可表现为记忆力持续性下降。与其他认知能力相比,记忆力的随龄性衰退最早出现,是阿尔茨海默病(Alzheimer disease, AD)的早期典型症状之一^[2-4]。在中老年人群中,绝经后妇女 AD 的发病率较同龄男性会高出 2~3 倍^[5]。因此,为绝经后妇女这一特殊群体积极寻求减缓记忆刷新功能随龄衰退和预防损伤的有效方法具有重要的理论意义和应用价值。

体力活动(physical activity)是由骨骼肌收缩引起的能量消耗高于休息状态的身体活动,日常生活中的体力活动包含工作、家务劳动、体育锻炼和娱乐活动内容^[6]。流行病学研究发现,积极体力活动老年人的认知表现要好于久坐少动的老年人^[7]。长期坚持积极的有氧运动、阻力运动、身心运动等不同形式的体力活动能促进中老年人记忆刷新、抑制控制等认知功能,并且适当强度的体力活动水平能在一定程度上降低老年人发生认知功能障碍,甚至有效预防和延缓 AD 的发生和发展进程^[8-11]。Ten Brinke 等^[12]发现体力活动可增加患有轻度认知功能障碍潜在轻度认知损害老年女性的海马体积,并改善其记忆刷新表现。但体力活动对健康绝经后妇女的记忆刷新能力的影响如何尚不清楚。

n -Back 任务是当前考察工作记忆负荷的一种信效度较高的参量设计范式,多用于精神分裂症、注意缺陷障碍、抑郁症等精神疾病的工作记忆异常筛查和不同人群工作记忆负荷的对比研究。这一任务要

求被试判断靶位刺激与和它间隔 n 个前出现的刺激是否相同,并瞬间作出操作反应。Fletcher 和 Henson^[13]的研究发现,该范式的“ n ”与记忆负荷呈比例变化,变化的“ n ”可通过电生理技术监测到相关脑区随记忆容量增加而加大激活的负荷效应。事件相关电位(event-related potentials, ERP)可以实现高时间精度的电生理监测,通过 ERP 技术可记录并分析被试 n -Back 任务过程的脑电成分,主要包括 P3 和 D-N450。其中, P3 成分随记忆负荷水平变化,反映加工过程中的编码、匹配和反应^[14-15]; D-N450 则是由用于评价刺激/反应冲突加工过程的 N450 成分通过高记忆负荷任务诱发的 ERP 波形与低记忆负荷任务诱发的 ERP 波形相减得到的差异波,可反映完成编码、匹配环节后,在工作记忆中对相关内容进行刷新和短时储存的表现^[16]。本研究选用经典的图形匹配 n -Back 范式,结合 ERP 技术研究体力活动对绝经后妇女的记忆刷新能力的影响,为有效预防和减缓绝经后妇女记忆刷新能力衰退提供依据。

1 材料和方法

1.1 研究对象 在上海中心城区 20 余个社区招募受教育 12 年及以上、55~65 岁健康绝经后女性被试。采用 RAND36 问卷了解日常生活方式和既往病史等背景资料,运用体质测量技术获取身高、体质量、腰围等形态学指标,计算体质质量指数(BMI, kg/cm^2);采用蒙特利尔认知评定量表(MoCA)和标准瑞文智力测验分别评价其综合认知能力、智力水平。

采用国际体力活动量表中文版(IPAQ-短卷)评定被试日常生活中长期保持的体力活动水平。1 周高度活跃(highly active)体力活动标准^[17]为:(1)进

行高强度体力活动天数大于3 d并且总代谢当量(metabolic equivalent, MET)达到1 500 MET-minutes/week;(2)步行、中等强度、高强度体力活动7 d的总代谢当量至少达到3 000 MET-minutes/week。满足以上两个标准中的任意一个即可。为提高评定的真实可靠性,进行先、后两次评定,中间间隔3个月。先后两次评定均在高度活跃水平并已达到保持3年及以上者,即可列为高度活跃组考虑对象。在其中随机选取20人作为高度活跃组参与本研究。

在未达到高度活跃组入组标准的被试中选取普通对照组,两组间进行身体素质、心理素质指标匹配与平衡,并合理规避影响中老年人认知(执行)功能衰退发生和发展的中介因素(年龄、受教育程度、职业类型、生活方式、综合认知能力、智力水平、身心健康状态等)。最后,在符合入组条件的被试中随机选取20人,作为普通对照组参与本研究。

两组被试中,每组各包含55~59岁者10人,60~65岁者10人。所有被试均自愿参加本研究,既往无糖尿病等代谢性疾病、冠心病等心脑血管疾病、抑郁症等精神类疾病及显性遗传病家族史。在熟悉整个实验流程和掌握实验要求后,所有被试均签署知情同意书,实验结束后领取一定报酬。

1.2 实验设计与记忆任务 采用经典的 n -Back实验范式,2×2多因素混合实验设计。

组间变量为体力活动水平,即被试组别,分为高度活跃组与普通对照组。组内变量为任务难度,分为低负荷(1-Back)和高负荷(3-Back)。刺激材料为3~5种不同形状的红色图形,分别为三角形、正方形、圆形、五角星形和十字形,大小为10 cm×10 cm,以灰色背景呈现于屏幕中央。低负荷任务要求被试比较当前刺激和与它相邻的前一个刺激,高负荷任务要比较的是当前刺激和它前面隔2个位置上的刺激。判断刺激图形形状是相同或不同,并确保正确的前提下尽可能快地作出按键反应,相同与不同刺激呈现比例为1:2。完成整个任务需20 min,2组实验之间可休息1 min。

实验任务由E-prime 2.0软件编制。分练习与正式实验两个部分,练习共10个trial,每个trial后会给被试反馈反应结果(反应时、判断正确或错误),练习不超过3次。正式实验共2组,高、低两种负荷任务分别包含90个trial。每个trial包括:注视

“+”500 ms→随机呈现1~3个刺激图形(低负荷任务时,刺激呈现时间为200 ms,刺激间隔为500 ms)→灰屏500 ms→蓝色“+”500 ms→呈现靶位刺激200 ms→反应(作出反应后即自动进入下一个trial,2 000 ms内不反应和错误反应均算错)。高负荷任务时,随机呈现的刺激图形增加至3~5个,其他环节同低负荷任务。

1.3 实验过程与设备技术参数 实验在上海体育学院运动心理实验中心脑电实验室完成。实验室环境安静舒适、隔音隔光、干湿度适宜,符合脑电实验需求。

实验准备:被试需洗净头皮、头发并吹干,熟悉实验室环境,关闭手机等移动通讯设备。研究人员向其介绍实验流程、任务和脑电实验基本要求。被试佩戴电极帽,于各电极与头皮处注入少量导电膏,将电阻降到7 k Ω 以下。**正式实验:**指引被试坐于实验台前高度可调的实验座椅上,取舒适端坐位,下颌置于U形托上,头面部肌肉放松。双眼瞳孔与刺激呈现显示屏幕中心处于同一水平线,相距100 cm,右手自然放于实验台的反应键盘。正式实验过程中,避免频繁眨眼、肢体晃动等动作,在确保正确判断的前提下反应越快越好。

实验需CPU主频为3.0 GHz、操作系统为Windows XP的DELL台式电脑2台,分别用于主试实验操作、行为数据记录和ERP数据记录。刺激材料呈现为1台DELL 19英寸纯平显示器,分辨率为1 024×768,刷新频率为100 Hz。

实验操作和数据采集设备为德国Brain Products公司的Recorder记录系统,Ag/AgCl电极帽记录64导脑自发电位(EEG),电极按国际10-20标准电极系统定位。物理参考电极放置于电极点FCz处,接地点电极点为AFz处。两个眼电电极分别粘贴于被试右眼外侧1 cm处(水平眼电HEOG)和右眼下眼眶中下1 cm处(垂直眼电VEOG)。头皮与各电极接触阻抗小于10 Ω ,脑电信号由ERP Record软件实时采集,记录带宽为0.05~100 Hz,采样频率为每导500 Hz。

1.4 数据采集与统计学处理 行为数据由E-prime 2.0软件采集,分析指标为1-Back任务和3-Back任务中的反应时、准确率。采用SPSS 20.0软件对行为数据进行组别(高度活跃组、普通对照组)×任务

负荷(1-Back、3-Back)重复测量的方差分析。

ERP数据由Brain Products Recorder软件采集, BP Vision-Analyzer软件离线分析。采用双侧耳后乳突的连线作为参考电极, 数字滤波设为1~24 Hz带通, 自动校正眨眼伪迹和排除 $\pm 100 \mu\text{V}$ 范围外的波幅后, 依据实验目的, 选取靶刺激出现前200 ms至出现后1 000 ms作为分析时程, 对正确反应靶刺激诱发的ERP成分进行叠加平均以及总平均。选取中线5个电极位置——额区Fz、额中央区FCz、中央区Cz、中央顶区CPz和顶区Pz, 在400~600 ms时间窗口内检测P3的潜伏期和波峰, 并用3-Back波形减去1-Back波形测算D-N450的平均波幅。根据检测结果, 对P3和D-N450成分分别进行组别(高度活跃组、普通对照组)×任务负荷(1-Back、3-Back)×电极点(Fz、FCz、Cz、CPz、Pz)重复测量的方差分析。所有方差分析均采用Greenhouse-Geisser法校正。检验水准(α)为0.05。

2 结果

2.1 行为反应结果 对两组被试在 n -Back 任务中

表1 两组被试在 n -Back 任务中的反应时、行为准确率比较

Tab 1 Comparison of behavioral accuracy and response time in n -Back tasks between two groups

$n=20, \bar{x}\pm s$

Index	Highly active group		Control group	
	1-Back task	3-Back task	1-Back task	3-Back task
Response time t/ms	711.666 \pm 124.790*	891.372 \pm 151.216* Δ	882.118 \pm 105.936	985.909 \pm 110.809 Δ
Behavioral accuracy (%)	94.7 \pm 3.7*	80.8 \pm 8.5* Δ	87.1 \pm 7.6	74.6 \pm 9.1 Δ

* $P<0.05$ vs control group in the same task; $\Delta P<0.05$ vs 1-Back task in the same group

2.2 ERP结果 由总平均波形图(图1)可见, 两组被试均成功诱发出P3成分。在低负荷(1-Back)和高负荷(3-Back)下, 两组被试在400~600 ms时间窗口内出现明显的正波P3成分。差异负成分D-N450为高负荷(3-Back)的ERP波形减去低负荷(1-Back)的ERP波形, 取400~600 ms时间段的平均波幅。

2.2.1 P3成分 取额区Fz、额中央区FCz、中央区Cz、中央顶区CPz和顶区Pz的P3波峰和潜伏期, 进行2组别(高度活跃组、普通对照组)×2任务负荷(1-Back、3-Back)×5电极点(Fz、FCz、Cz、CPz、Pz)的重复测量方差分析。P3波峰分析结果显示, 任务负荷主效应($F_{1,38}=4.324, P=0.044$)和组别主效应($F_{1,38}=5.786, P=0.021$)有统计学意义, 而任务负荷与组别

的行为准确率进行2组别(高度活跃组、普通对照组)×2任务负荷(1-Back、3-Back)重复测量方差分析的结果显示, 两组间任务负荷主效应($F_{1,38}=67.721, P=0.000$)和组别主效应($F_{1,38}=15.295, P=0.000$)有统计学意义, 任务负荷与组别交互作用无统计学意义($F_{1,38}=0.190, P=0.665$)。

同时, 对行为反应时的分析结果显示, 任务负荷主效应($F_{1,38}=47.358, P=0.000$)和组别主效应($F_{1,38}=15.615, P=0.000$)有统计学意义, 任务负荷与组别交互作用临近有统计学意义($F_{1,38}=3.396, P=0.073$)。进一步简单效应分析结果(表1)显示, 高度活跃组被试在1-Back和3-Back任务中的反应时均短于普通对照组($P<0.05$), 行为准确率均高于普通对照组($P<0.05$); 两组被试完成3-Back任务的反应时均长于1-Back任务($P<0.05$), 行为准确率均低于1-Back任务($P<0.05$)。以上行为数据提示, 高度活跃组在低负荷和高负荷任务的记忆刷新过程中具有快而准的行为反应优势, 对图形的记忆刷新能力优于普通对照组。

交互作用无统计学意义($F_{4,152}=0.197, P=0.899$)。事后检验(图2、表2)发现, 两组被试在高负荷(3-Back)任务中的P3波峰均小于低负荷(1-Back)任务($P<0.05$); 高度活跃组被试在两种任务负荷中的P3波峰均大于普通对照组($P<0.05$)。

P3潜伏期分析结果显示, 组别与任务负荷的交互作用有统计学意义($F_{4,152}=6.487, P=0.015$), 进一步简单效应分析(图2、表2)发现, 普通对照组被试在低负荷(1-Back)任务中的P3潜伏期长于3-Back($P<0.05$), 高度活跃组两种任务负荷之间差异无统计学意义; 同时, 任务负荷主效应($F_{1,38}=0.373, P=0.545$)和组别主效应($F_{1,38}=0.340, P=0.563$)无统计学意义。

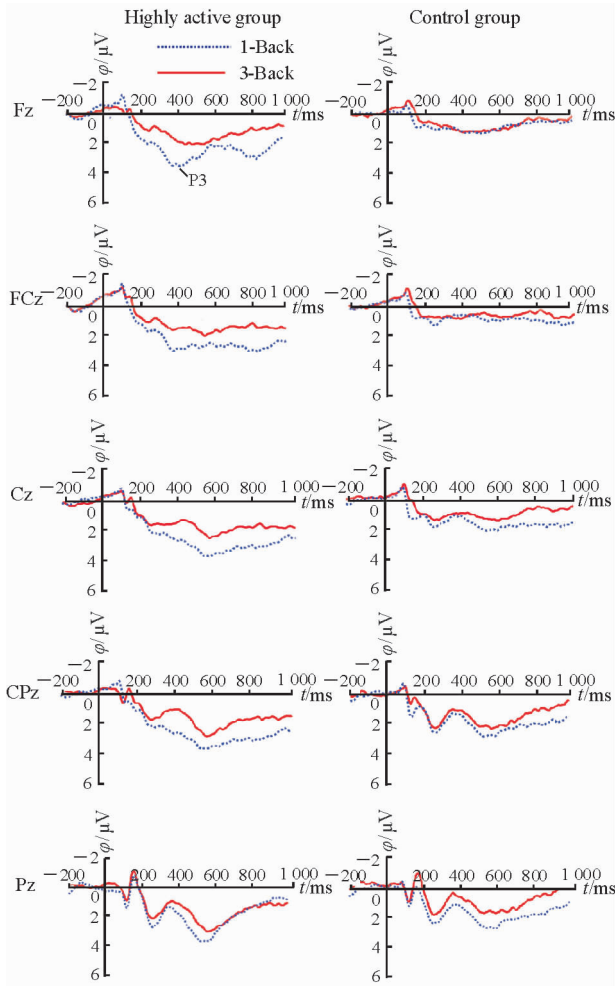


图1 两组被试在中线5个电极点的ERP总平均波形图

Fig 1 Grand average ERP waveforms for five midline electrode positions of two groups

ERP: Event-related potentials

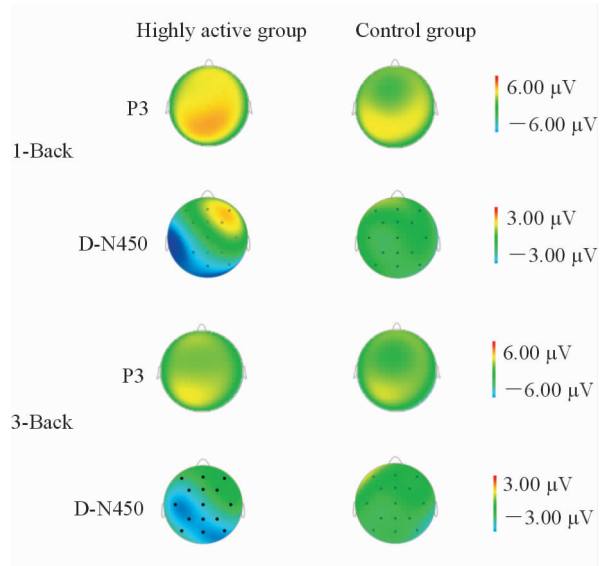


图2 两组被试在完成n-Back任务中的脑地形图

Fig 2 Scalp topographic maps for both groups in n-Back tasks

2.2.2 D-N450成分 对差异波N450平均波幅进行2组别(高度活跃组、普通对照组)×5电极点(Fz、Cz、Pz、CPz、FCz)的重复测量方差分析,结果显示,组别主效应有统计学意义($F_{1,38} = 4.517, P = 0.040$),事后检验(图2、3、表3)发现,高度活跃组被试在中线5个电极点上的D-N450波幅均大于普通对照组($P < 0.05$)。组别与电极点之间交互作用无统计学意义($F_{4,152} = 0.176, P = 0.868$)。

表2 两组被试在n-Back任务中诱发的P3波峰和潜伏期

Tab 2 P3 amplitude and latency for two groups in n-Back tasks

$n=20, \bar{x} \pm s$

Electrode position	P3 amplitude $\phi/\mu V$				P3 latency t/ms			
	Highly active group		Control group		Highly active group		Control group	
	1-Back task	3-Back task	1-Back task	3-Back task	1-Back task	3-Back task	1-Back task	3-Back task
Fz	4.482±5.128*	2.748±2.346*△	2.004±1.269	2.010±1.823△	467.400±67.439	501.050±59.153	493.200±66.301	471.200±64.070△
Cz	4.827±3.969*	2.990±2.490*△	2.666±2.405	2.086±1.822△	526.300±62.975	528.450±62.078	538.750±67.321	514.750±75.412△
Pz	4.688±3.271*	3.800±2.653*△	3.619±3.095	2.942±2.875△	534.050±50.787	535.200±59.646	548.900±50.702	522.500±57.950△
CPz	5.339±3.353*	3.644±2.597*△	3.455±3.047	2.855±2.636△	528.350±51.668	529.650±55.332	556.550±37.891	548.350±57.110△
FCz	4.032±4.368*	2.631±2.113*△	1.632±1.636	1.353±1.229△	484.450±75.617	521.850±65.984	535.300±69.584	492.500±74.848△

* $P < 0.05$ vs control group in the same task; △ $P < 0.05$ vs 1-Back task in the same group

3 讨论

本研究通过不同负荷的图形匹配n-Back任务比较了高度活跃组与普通对照组被试在记忆刷新加工过程中的行为及ERP差异,以探讨体力活动对绝

经后妇女记忆刷新能力的影响作用及特点。结果发现,两组被试的行为和脑电数据结果均存在任务负荷主效应,即3-Back高负荷较1-Back低负荷任务中被试的反应速度慢,刷新行为准确率低,随记忆负荷增加而P3波幅降低。说明本研究设计的n-Back

图形匹配任务能够较为客观地反映记忆刷新加工过程。组间比较结果提示,高度活跃体力活动组被试的记忆刷新能力较普通对照组更强。

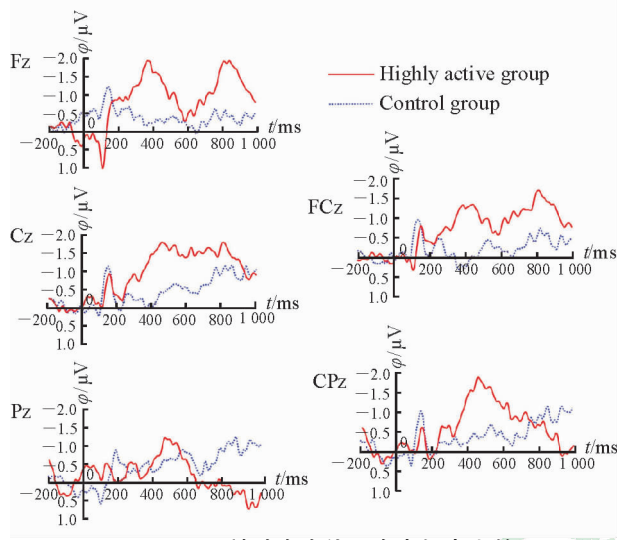


图3 两组被试在中线5个电极点上的差异波N450波形曲线图

Fig 3 D-N450 waveforms in five midline electrode positions for two groups

表3 两组被试在高、低负荷n-Back任务中诱发的D-N450平均波幅

Tab 3 D-N450 amplitudes in high and low levels of n-Back tasks for two groups

Electrode position	Highly active group	Control group
Fz	2.932±3.259*	1.923±0.891
Cz	2.606±2.608*	1.558±0.968
Pz	2.362±1.677*	1.439±1.327
CPz	2.612±2.008*	1.287±0.829
FCz	2.735±2.789*	1.582±0.981

* $P < 0.05$ vs control group

3.1 体力活动影响绝经后妇女记忆刷新的行为特点 在本研究中,高度活跃组被试完成低负荷或高负荷任务的行为准确率和反应速度均好于普通对照组。与前人研究采用的任务范式虽不完全相同,但研究结果是一致的。Hillman等^[18]对不同年龄段人群(15~71岁)的研究发现,反应速度与体力活动水平存在正相关关系;在老年组实验中得出,积极体力活动组在Flanker任务不一致条件下的行为准确率明显高于安静少运动组。Chang等^[11]研究也发现,高体力活动组老年人完成记忆任务的反应时间更短,且不受记忆负荷的限制。由此可认为,日常生活

中长期保持高度活跃的体力活动同样有助于绝经后妇女形成较快的反应速度。从信息加工过程进行分析,工作记忆是认知加工过程的一个基本环节,负责对大脑输入信息的抑制控制、对激活信息的短时存储和更新无关的非激活信息^[1],这一系列“编码-对比-刷新-维持-反应”过程中对知觉和认知的持续需求可反映在P3成分的潜伏期和波幅,最后“反应”环节的表现形式即按键动作上的反应速度和准确性,均受实验任务的知觉复杂性和认知加工需求所影响^[15]。如本研究设计的记忆刷新任务,需要被试对快速闪过的不同图形进行记忆编码、匹配、刷新和短时储存,同时左右手分别对应“相同”或“不同”按键做出快而准的反应决策,被试只有保持敏捷的反应速度和灵活协调的按键动作才能够高质量完成任务。此外,本研究通过对两组被试的P3潜伏期统计发现,高度活跃组在P3潜伏期的任务负荷差异无统计学意义,而行为表现上则存在组别主效应和任务负荷主效应。这说明,高度活跃组绝经后妇女在n-Back任务中表现出更快的反应速度和更高的刷新准确率,来源于其拥有较强的动作反应能力。基于上述的分析,我们可以认为,日常生活中长期高度活跃的体力活动使绝经后妇女保持了良好的反应能力,具体表现在反应速度、按键动作的灵活性等方面,为形成记忆刷新任务中的快而准的行为优势创造了条件。

3.2 体力活动促进绝经后妇女记忆刷新能力的ERP特点 n-Back范式之所以被广泛应用于工作记忆负荷研究,在于其参量设计的方式包含了信息加工——编码与匹配、刷新与维持的两个主要加工过程。资源分配理论认为,P3成分的两个特性可以反映上述两个加工过程,其中P3波幅反映工作记忆中持续匹配任务的注意资源分配与加工容量效应,与记忆负荷呈负相关关系,最大值往往在顶区(Pz)产生^[15]。在P3波峰上,本研究的两组被试均产生显著记忆负荷效应,3-Back中的波峰值均小于1-Back,即随着记忆负荷的增加而下降。认知加工资源从持续匹配任务的评估及反应决策向随后的记忆刷新、编码和储存进行转移和任务管理,任务的记忆负荷越高,加工过程需要的认知资源就越多,从而引起3-Back P3波幅的降低,且两组被试在完成高、低两种负荷任务中诱发的P3峰极值基本都出现在

顶区(Pz)(如图1、3所示)。神经影像学研究提示,对上述加工过程进行指挥与控制的中心是前额-顶叶神经回路,与其中的大脑前扣带回皮质(背外侧部)关系密切^[19]。

其次,行为特点分析中已提及的P3潜伏期,代表知觉与认知过程中识别当前刺激与记忆中维持信息的匹配/不匹配判断和反应决策速度,有关P3潜伏期受记忆负荷效应影响的前人研究证据较少。本研究中,普通对照组被试在1-Back任务中的P3潜伏期明显长于3-Back,说明其完成不同难度任务的加工速度不同,对认知负荷比较敏感,结合其明显降低的行为准确率,可以理解为普通对照组不能很好地适应高负荷任务要求,导致刷新失败的次数增加而提早结束了刷新和短时存储过程,表现出高负荷任务中较快的加工速度。P3波幅的组间比较发现,高度活跃组被试在两种任务负荷中的P3波峰均显著大于普通对照组。说明高度活跃组受任务负荷的影响较小,对认知资源的动员、分配和加工能力较强,在完成不同负荷任务时均动员了更多的认知资源,帮助其在刷新与编码过程中作出更高效的匹配评估、刷新存储和反应决策。因此,综合本研究P3成分的结果,与资源分配理论的主要观点是一致的。

除P3成分与记忆负荷效应相关之外,用高负荷任务中的ERP波形与低负荷ERP波形相减得到的出现在刺激呈现阶段后期的D-N450成分能够反映完成编码、匹配环节后,在工作记忆中对相关内容进行刷新和短时储存的表现^[16]。D-N450效应产生于P3峰值,可能受P3成分的调控,其波幅大小可随刺激-冲突负荷的增加而变化^[20],因此可与P3成分一同考察敏感脑区随记忆容量增加而增强的负荷效应^[13-14,21-22]。组间比较发现,高度活跃组被试在中线5个电极点上的D-N450平均波幅均大于普通对照组。这提示高度活跃组在记忆负荷任务中动员的认知资源丰富,并得到了较为合理的分配与使用,从而使图形刺激信号(内容)的记忆、匹配、刷新及短时储存过程更为灵活,表现出反应速度更快、刷新准确率更高的行为效益。为了排除可能的干扰,本研究严格控制了入组被试与记忆能力有关的影响因素,如年龄、受教育程度、职业类型和综合认知能力等,以剥离出体力活动促进绝经后女性记忆刷新能力的行为和脑区ERP成分的变化特点。故本研究的

结果证实了预期假设——高度活跃体力活动绝经后妇女拥有更强的工作记忆刷新能力,这可能产生于日常生活中长期保持高度活跃的体力活动对绝经后妇女额-中央-顶区大脑皮质在认知加工过程中激活与加工策略的积极影响。

综上,我们认为高度活跃组绝经后妇女在n-Back图形匹配任务中快而准的刷新行为优势,与日常生活中长期坚持高度活跃的体力活动有关。高度活跃组绝经后妇女更强的记忆刷新能力,主要反映在其对不同记忆负荷的知觉认知需求适应性强,对持续、快速变化的图形记忆、匹配、刷新及短时储存的加工过程更灵活,对认知资源的调配和运用更高效。由于AD的发病机制十分复杂、目前尚无针对性治疗措施^[23],体力活动能否成为预防绝经后妇女AD的有效措施,值得进一步研究。

[参考文献]

- [1] JONIDES J, SCHUMACHER E H, SMITH E E, LAUBER E J, AWH E, MINOSHIMA S, et al. Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET[J]. *J Cogn Neurosci*, 1997, 9: 462-475.
- [2] STOPFORD C L, THOMPSON J C, NEARY D, RICHARDSON A M, SNOWDEN J S. Working memory, attention, and executive function in Alzheimer's disease and frontotemporal dementia[J]. *Cortex*, 2012, 48: 429-446.
- [3] VAN GELDORP B, HERINGA S M, VAN DEN BERG E, OLDE RIKKERT M G, BIESELS G J, KESSELS R P. Working memory binding and episodic memory formation in aging, mild cognitive impairment, and Alzheimer's dementia[J]. *J Clin Exp Neuropsychol*, 2015, 37: 538-548.
- [4] HUNTLEY J, BOR D, HAMPSHIRE A, OWEN A, HOWARD R. Working memory task performance and chunking in early Alzheimer's disease [J]. *Br J Psychiatry*, 2011, 198: 398-403.
- [5] BIEBER E J, COHEN D P. Estrogens and hormone replacement therapy: is there a role in the preservation of cognitive function? [J]. *Int J Fertil Womens Med*, 2001, 46: 206-209.
- [6] CASPERSEN C J, POWELL K E, CHRISTENSON G M. Physical activity, exercise, and physical fitness:

- definitions and distinctions for health-related research [J]. *Public Health Rep*, 1985, 100: 126-131.
- [7] ETNIER J L, CHANG Y K. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature[J]. *J Sport Exerc Psychol*, 2009, 31: 469-483.
- [8] KLUSMANN V, EVERS A, SCHWARZER R, SCHLATTMANN P, REISCHIES F M, HEUSER I, et al. Complex mental and physical activity in older women and cognitive performance: a 6-month randomized controlled trial[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2010, 65: 680-688.
- [9] BROWN B M, PEIFFER J J, SOHRABI H R, MONDAL A, GUPTA V B, RAINEY-SMITH S R, et al. Intense physical activity is associated with cognitive performance in the elderly[J/OL]. *Transl Psychiatry*, 2012, 2: e191. doi: 10.1038/tp.2012.118.
- [10] BUCHMAN A S, BOYLE P A, YU L, SHAH R C, WILSON R S, BENNETT D A. Total daily physical activity and the risk of AD and cognitive decline in older adults[J]. *Neurology*, 2012, 78: 1323-1329.
- [11] CHANG Y K, HUANG C J, CHEN K F, HUNG T M. Physical activity and working memory in healthy older adults: an ERP study[J]. *Psychophysiology*, 2013, 50: 1174-1182.
- [12] TEN BRINKE L F, BOLANDZADEH N, NAGAMATSU L S, HSU C L, DAVIS J C, MIRAN-KHAN K, et al. Aerobic exercise increases hippocampal volume in older women with probable mild cognitive impairment: a 6-month randomised controlled trial[J]. *Br J Sports Med*, 2015, 49: 248-254.
- [13] FLETCHER P C, HENSON R N. Frontal lobes and human memory: insights from functional neuroimaging [J]. *Brain*, 2001, 124(Pt 5): 849-881.
- [14] DOLUA N, BAŞAR-EROĞLUB C, ÖZESMIA Ç, SÜERA C. An assessment of working memory using P300 wave in healthy subjects[J]. *Int Cong Ser*, 2005, 1278: 7-10.
- [15] WATTER S, GEFFEN G M, GEFFEN L B. The *n*-Back as a dual-task: P300 morphology under divided attention[J]. *Psychophysiology*, 2001, 38: 998-1003.
- [16] KUSAK G, GRUNE K, HAGENDORF H, METZ A M. Updating of working memory in a running memory task: an event-related potential study [J]. *Int J Psychophysiol*, 2000, 39: 51-65.
- [17] BAUMAN A, BULL F, CHEY T, CRAIG C L, AINSWORTH B E, SALLIS J F, et al; IPS Group. The International Prevalence Study on Physical Activity: results from 20 countries[J/OL]. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2009, 6: 21. doi: 10.1186/1479-5868-6-21.
- [18] HILLMAN C H, KRAMER A F, BELOPOLSKY A V, SMITH D P. A cross-sectional examination of age and physical activity on performance and event-related brain potentials in a task switching paradigm[J]. *Int J Psychophysiol*, 2006, 59: 30-39.
- [19] COLCOMBE S J, KRAMER A F, ERICKSON K I, SCALF P, MCAULEY E, COHEN N J, et al. Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging [J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2004, 101: 3316-3321.
- [20] SZUCS D, SOLTESZ F. Functional definition of the N450 event-related brain potential marker of conflict processing: a numerical stroop study [J/OL]. *BMC Neurosci*, 2012, 13: 35. doi: 10.1186/1471-2202-13-35.
- [21] 王湘,陈斌,刘鼎,王晓燕,姚树桥.不同记忆负荷水平下执行控制的ERP效应[J].*中国心理卫生杂志*, 2008,22:576-582.
- [22] 王益文,林崇德.额叶参与执行控制的ERP负荷效应[J].*心理学报*,2005,37:723-728.
- [23] 李倩,徐抒音,蔡艳,严小新,罗学港.阿尔茨海默病老年斑相关研究进展[J].*解剖学杂志*,2016,39:365-368.

[本文编辑] 孙 岩