

# 网络成瘾者工作记忆水平受影响的机制： 来自 ERP 的证据\*

孙岩<sup>1,2\*\*</sup> 王晓丹<sup>1</sup> 刘沙<sup>1</sup> 李珍珠<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 辽宁师范大学心理学院, 大连, 116029) (<sup>2</sup> 辽宁省儿童青少年健康人格评定与培养协同创新中心, 大连, 116029)

**摘要** 本研究采用事件相关电位技术 (ERP), 以 N-back 范式为实验任务, 考察 20 名网络成瘾大学生和 23 名对照组大学生的工作记忆水平, 结果发现: 对照组的工作记忆具有一定加工优势的趋势, 正确率高于成瘾组, 反应时低于成瘾组, 但均未达到显著差异。网络成瘾组与对照组工作记忆加工时, 网络成瘾组 P2 波幅更高, N2 波幅更低, N2 潜伏期更长, 说明与网络成瘾组相比, 对照组工作记忆水平更高。

**关键词** 大学生 网络成瘾 工作记忆 ERP

## 1 引言

网络成瘾障碍是指过度或者不受控制的互联网使用, 也是一种病理性的互联网使用, 并且对心理、社会和工作产生负面影响 (Young, 1998), 美国心理学会在 1997 年正式承认“网络成瘾”研究的学术价值。研究发现, 过多的使用网络会对人的身体健康、人际关系等造成严重危害, 涉及睡眠障碍、情绪障碍、抑郁症、焦虑症、边缘型人格障碍 (Ostovar et al., 2016; Wu, Ko, Tung, & Li, 2016) 等方面。

近年来, 研究者用不同的方法探索网络成瘾的神经机制, 结果发现网络成瘾者的大脑存在不同方面的功能性异常。利用事件相关电位 (Event Related Potential, ERP) 技术, 研究发现网络成瘾者的感知觉功能异常 (贺金波, 郭永玉, 柯善玉, 赵仑, 2008; Zhou et al., 2011), 执行控制能力受损 (Dong, DeVito, Du, & Cui, 2012; Lee et al., 2012), 注意功能受损 (戴坤懿, 马庆国, 王小毅, 2011; 张豹, 黄赛, 侯秋霞, 2014), 存在冲动控制障碍 (Dong, Lu, Zhou, & Zhao, 2010), 且网络成瘾组被试受工作记忆引导的注意捕获效应小于对照组被试 (张微, 周兵平, 臧玲, 莫书亮, 2015)。Xiong 和 Yao (2010)

对 16~18 岁网络成瘾者工作记忆、短时记忆进行研究, 结果表明, 网络成瘾不仅可以导致心理成瘾、自我评价能力下降、社会适应能力下降以及交感神经功能的部分紊乱, 也可能导致记忆中基本认知功能的明显下降。与对照组相比, 网络成瘾组除了存在脑神经机制的差异, 也存在相关脑区的差异。利用功能磁共振成像技术 (functional Magnetic Resonance Imaging, fMRI) 对网络成瘾组与对照组的脑区差异进行研究, 发现网络成瘾组的额叶、顶叶和海马旁回与对照组存在差异, 一方面, 工作记忆任务的执行与额 - 顶区网络的激活有关 (Ricciardi et al., 2006), 而额 - 顶区网络中的前额叶皮层与各种类型的信息保持有关, 信息的保持又是工作记忆中不可缺少的一部分; 另一方面, 海马旁回会对记忆的编码和提取具有重要作用; 同时, 网络成瘾组的海马结构和功能存在弱化现象, 这些都表明成瘾组的认知加工, 特别是工作记忆功能明显低于常人 (贺金波, 洪伟琦, 鲍远纯, 雷玉菊, 2012; Nie, Zhang, Chen, & Li, 2016); Dong, Hu, Lin 和 Lu (2013) 采用静息 fMRI 技术发现网络成瘾者的顶叶、左额中回、扣带回激活, 也说明网络成瘾者的工作记忆受到损伤。因此, 网络成瘾组与对照组存在差异的

\* 本研究得到辽宁省教育厅人文社会科学重点研究基地专项项目 (ZJ2015034)、辽宁省教育科学“十三五”规划课题 (JG16CB343)、辽宁省儿童青少年健康人格评定与培养协同创新中心项目和国家社会科学基金重点项目 (11AZD089) 的资助。

\*\* 通讯作者: 孙岩。E-mail: sun9199@163.com

脑区参与了工作记忆的加工，由此可见，网络成瘾组额叶、顶叶和海马旁回与对照组存在的差异，可能是致网络成瘾者工作记忆功能受损的原因。

所谓工作记忆（working memory, WM），是指在执行认知任务过程中，对信息进行暂时存储和加工的系统，是人类认知活动的核心，也是学习、问题解决、推理和智力活动的重要成分（Camos, 2008），能够反映个体短时储存、匹配和刷新信息的能力（Klingberg, 2010）。在工作记忆的神经机制测量方面，一般采用倒数 N 项测验（N-back）范式，能够比较被试在逐步改变记忆负荷水平条件下，行为及脑功能的差异（王湘，陈斌，刘鼎，王晓燕，姚树桥，2008）。由于事件相关电位（ERP）技术具有出色的时间分辨率，能够对脑神经活动进行动态实时监测（Yuan et al., 2016），因此，本文将从工作记忆入手，利用 ERP 技术研究网络成瘾组与对照组是否存在工作记忆的差异。

综上所述，以往对网络成瘾的研究主要集中在传统心理学层面，而对其执行功能、认知损伤及脑机制等神经心理学方面的探索还相对缺乏。虽然国内外学者已对网络成瘾认知功能受损的机制进行了相关的探索，但对网络成瘾者工作记忆水平受损机制的研究仍然比较匮乏。因此，本研究以 N-back 范式为任务材料，利用 ERP 技术，对网络成瘾组和对

照组工作记忆水平进行考察，探讨两组被试工作记忆存在差异的神经机制。一方面能够推进和丰富网络成瘾在该领域的理论性研究，另一方面可以引起大学生心理健康教育工作者和大学生对网络成瘾不良影响的充分重视，对制定有针对性的预防和干预策略提供依据和参考，因此，本研究提出以下研究假设：网络成瘾组反应时高于对照组，正确率低于对照组；两组被试 P2、N2 成分的波幅和潜伏期存在显著差异。

## 2 研究方法

### 2.1 被试

所有被试通过调查问卷招募而来，采用 Young《网络成瘾量表》筛选被试，并将得分高于 50 分归为网络成瘾组。最终确定被试 49 人，其中网络成瘾组 23 人，对照组 26 人，对两组被试网络成瘾分数进行独立样本 *t* 检验，两组被试存在显著性差异（ $p=.000$ ），具体见表 1。对两组被试人数进行  $\chi^2$  检验，差异不显著（ $p=.668$ ）；对被试性别进行  $\chi^2$  检验，差异不显著（ $p_{男}=.096$ ， $p_{女}=.752$ ），其中网络成瘾组男生 2 名，对照组男生 7 名；对两组被试年龄进行独立样本 *t* 检验，被试年龄差异不显著（ $p=.380$ ），网络成瘾组平均年龄为  $19.957 \pm 1.7446$ ，对照组被试平均年龄为

表 1 网络成瘾组与对照组《网络成瘾量表》得分差异

| 组别    | 最低分 | 最高分 | <i>M</i> | <i>SD</i> | <i>p</i> |
|-------|-----|-----|----------|-----------|----------|
| 网络成瘾组 | 50  | 78  | 59.609   | 8.5639    | .000     |
| 对照组   | 20  | 37  | 28.115   | 3.8401    |          |

$20.423 \pm 1.9219$ 。

### 2.2 研究工具

#### 2.2.1 量表

所有被试都采用 Young 博士编制的《网络成瘾量表》进行测评，该量表总共有 20 道题目，采用 5 等级评分制度。评分标准为 20~49 分的测试者为正常网络使用者，50~79 分之间的测试者为过度网络成瘾者，80~100 分的测试者为重度网络成瘾者，且该量表是一种自评式量表，有良好的信度效度，内部一致性系数为 .90（Rodgers, Melioli, Laconi, Bui, & Chabrol, 2013），问卷效标效度为 .90（Widyanto, Griffiths, & Brunnsden, 2011）。

#### 2.2.2 N-back 范式

采用“倒数 N 项测验（N-back）”范式（Nie et

al., 2016）。N-back 范式要求被试将当前呈现的刺激字母与它前面的 *n* 个刺激字母进行比较，该任务包含三个记忆水平：0-back（ $n=0$ ）、1-back（ $n=1$ ）和 2-back（ $n=2$ ）。当  $n=0$  时，被试需要记忆第一个字母刺激，并将当前字母刺激与第一个刺激进行比较，相同按 F 键，不同按 J 键；当  $n=1$  时，被试需要将当前呈现的字母刺激与前一个字母进行比较，相同按 F 键，不同按 J 键；当  $n=2$  时，被试需要将当前呈现的字母刺激与前面隔一个字母刺激的字母进行比较，相同按 F 键，不同按 J 键。

### 2.3 研究设计

本文采用 2（被试类型：网络成瘾组、对照组） $\times$  3（记忆负荷：0-back、1-back、2-back） $\times$  9（电极点）混合实验设计；其中，被试类型是组间变量，记忆

负荷、电极点是组内变量。对各脑电成分的波幅和潜伏期进行重复测量方差分析,考察两组被试之间是否存在显著性差异。

## 2.4 研究程序

采用 E-Prime 1.1 专业软件编制 N-back 范式的实验程序。屏幕中央呈现实验指导语,被试充分理解实验指导语后按 Q 键开始实验。实验分为练习实验和正式实验。练习实验要求被试依次完成  $n=0$ 、1、2 三个负荷水平的实验,保证被试充分理解实验目的和正确的按键反应后开始正式实验。正式实验包含 8 个组块,组块包含  $n=0$ 、1、2 三个负荷水平的实验,每种记忆负荷会有 20 个 trial 呈现,刺激字母从 15 个字母中随机呈现,包括 A, F, H, I, J, K, L, M, O, P, Q, R, S, U 和 Y。每种记忆负荷开始前会出现一个 2000ms 的提示 ( $n=0$ 、 $n=1$ 、 $n=2$ ),被试按照相应的指导语进行按键反应。每个组块完成后被试休息 2 分钟,被试依次需要完成 8 个组块,每个刺激字母会呈现 500ms,并且伴随着一个 2000ms 的空屏,实验流程见图 1。实验时间大约需要半小时。实验过程中要求被试做出迅速又准确的按键反应。

## 2.5 ERP 数据记录

采用国际 10-20 系统扩展的 64 导电极帽 (Brain Products GmbH, Munich, Germany),用 TP9 和 TP10 作为参考电极,接地点在额区中部,在 Fz 和 FPz 以及 AF3 和 AF4 的中间。同时,记录眼电信号垂直眼电 (VEOG) 放于被试右眼下方的位置。所有电极的头皮电阻都小于  $10\text{ k}\Omega$ 。采样频率为  $500\text{ Hz}$ /导,EEG 和 EOG 的滤波带通为  $0.01\sim 100\text{ Hz}$ 。

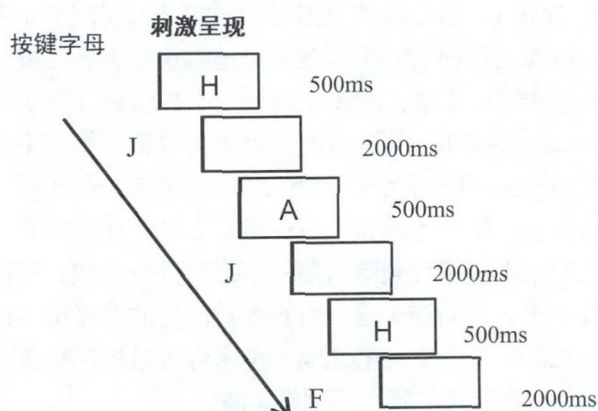


图 1 2-back 实验流程图

## 2.6 ERP 数据处理

采用德国 Brain vision Analyzer software (Brain Products GmbH, Munich, Germany) 进行离线分析。

矫正眨眼伪迹,设置低通滤波为  $30\text{ Hz}$ ,波幅超过  $\pm 100$  者被视为伪迹自动剔除。为了更严格的进行分析,本研究删除每个 block 有效试次低于 54 的被试。以  $1000\text{ ms}$  做为脑电分析时程,包括刺激字母呈现前  $200\text{ ms}$  和刺激字母呈现后  $800\text{ ms}$ 。

根据已有的相关研究结果及本研究的目的,确定 ERP 各成分的时间窗口,P2 成分:  $200\sim 240\text{ ms}$ ; N2 成分:  $200\sim 400\text{ ms}$  (Han, Liu, Zhang, Jin, & Luo, 2013; Zhou, Després, Pebayle, & Dufour, 2015)。采用 Greenhouse-Geisser 方法校正方差分析的  $p$  值和自由度。电极位置选取额区 Fz、F3、F4,中央区 C3、C4、Cz,顶区 P3、P4、Pz 等 9 个有代表性的电极点进行分析 (Shimi, Nobre, & Scerif, 2015)。

## 2.7 ERP 数据分析

采用 Brain Analyzer 2.0 软件对脑电数据进行离线处理,并将 P2、N2 成分的波幅和潜伏期输出。利用 SPSS 17.0 统计软件包对输出成分的波幅和潜伏期数据进行  $2$  (组别)  $\times 3$  (记忆负荷)  $\times 9$  (电极点) 重复测量方差分析,其中组别 (网络成瘾组,对照组) 为组间变量,记忆负荷 ( $n=0$ 、1、2) 和电极点 (额区电极点为 Fz、F3、F4,中央区电极点为 C3、C4、Cz,顶区电极点为 P3、P4、Pz) 为组内变量,波幅值和潜伏期值作为因变量,以此考察两组被试波幅和潜伏期是否显著。

# 3 研究结果

## 3.1 行为数据结果

对反应时和正确率进行  $2$  (被试类型)  $\times 3$  (记忆负荷) 的重复测量方差分析,发现两组被试正确率没有显著差异,  $p=.906$ ,对照组的平均正确率高于网络成瘾组。反应时没有显著差异,  $p=.588$ ,对照组平均反应时低于网络成瘾组;网络成瘾组和对照组在不同负荷水平下反应时和正确率的具体比较,结果见表 2。整体的趋势表明网络成瘾组的工作记忆水平低于对照组。

## 3.2 脑电数据结果

对 49 名被试的数据,进行离线分析,剔除受到伪迹严重影响、每个组块叠加次数小于 54 的被试,剩余有效被试 43 名,网络成瘾组被试 20 名,对照组被试 23 名。重复测量方差分析表明,两组被试 P2、N2 成分的波幅存在显著差异,N2 成分潜伏期存在显著差异。选取 Fz、Cz、Pz 作为三个脑区的代表电极绘制脑电波形图,见图 2。



表 2 网络成瘾组和对照组的工作记忆水平差异

|         |        | 网络成瘾组 ( $M \pm SD$ ) | 对照组 ( $M \pm SD$ ) | $F$  | $p$  |
|---------|--------|----------------------|--------------------|------|------|
| 正确率(%)  | 0-back | 92.78 $\pm$ .036     | 89.30 $\pm$ .173   | .014 | .906 |
|         | 1-back | 90.58 $\pm$ .063     | 92.35 $\pm$ .068   |      |      |
|         | 2-back | 78.97 $\pm$ .147     | 79.57 $\pm$ .209   |      |      |
| 反应时(ms) | 0-back | 375.53 $\pm$ 35.20   | 379.76 $\pm$ 45.89 | .588 | .447 |
|         | 1-back | 381.18 $\pm$ 38.06   | 366.23 $\pm$ 48.58 |      |      |
|         | 2-back | 386.19 $\pm$ 28.09   | 374.76 $\pm$ 39.09 |      |      |

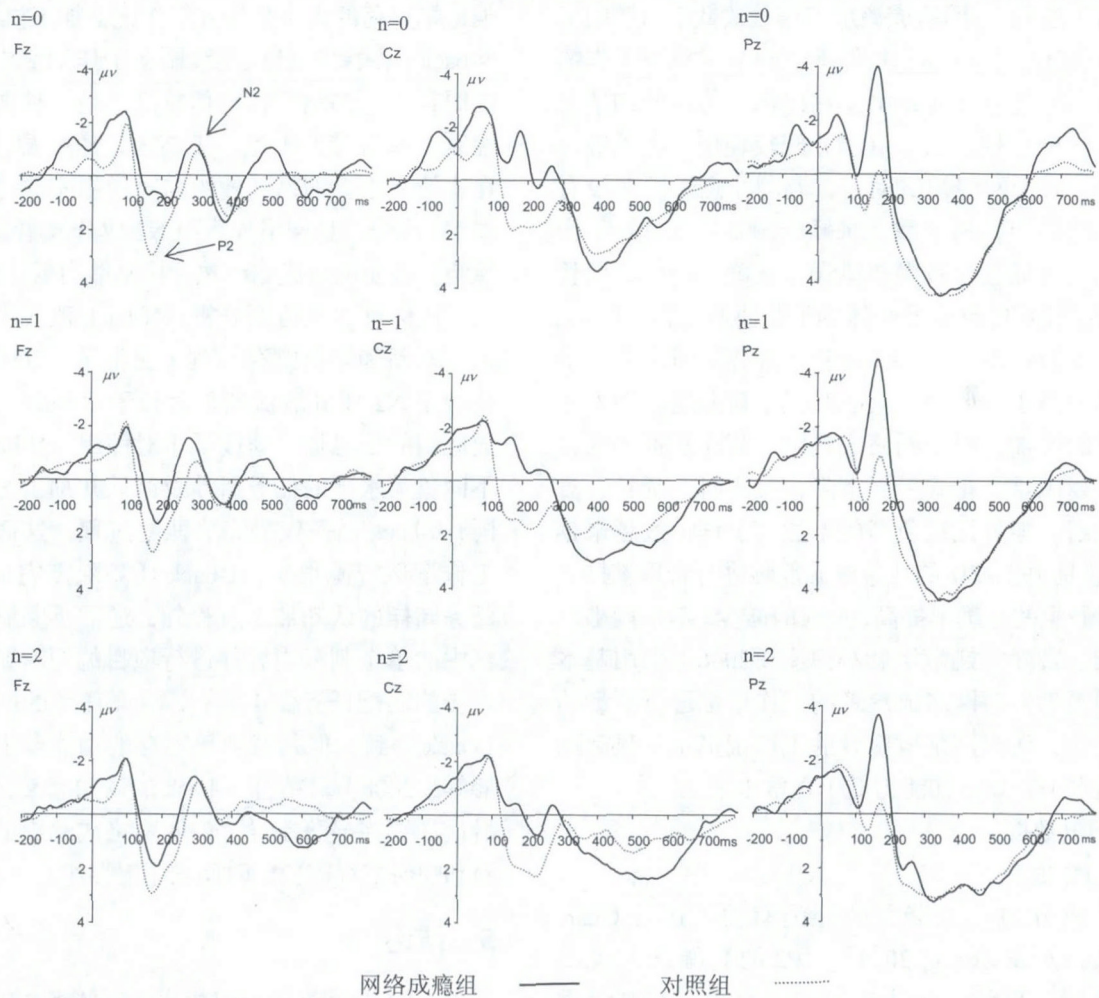


图 2 两组被试各脑电成分比较

### 3.2.1 P2 结果

波幅：记忆负荷主效应显著， $F(2, 82) = 3.388$ ， $p = .039$ ， $\eta^2 = .076$ ；记忆负荷与组间交互作用不显著， $F(2, 82) = 1.037$ ， $p = .347$ 。P2 波幅组间差异显著， $F(1, 41) = 5.009$ ， $p = .031$ ， $\eta^2 = .109$ ，网络成瘾组 P2 波幅 ( $3.472 \pm .330$ ) 显著大于对照组波幅 ( $2.463 \pm .307$ )。

潜伏期：记忆负荷主效应、组间差异均不显著，交互作用不显著。

### 3.2.2 N2 结果

波幅：记忆负荷的主效应不显著， $F(2, 82) = 1.191$ ， $p = .304$ ；记忆负荷和组间交互作用不显著， $F(2, 82) = 2.609$ ， $p = .090$ 。N2 波幅存在显著的组间差异， $F(1, 41) = 11.277$ ， $p = .002$ ， $\eta^2 = .216$ ，网络成瘾组 N2 波幅 ( $-2.83 \pm .344$ ) 显著低于对照组 ( $-1.295 \pm .320$ )。

潜伏期：记忆负荷的主效应显著， $F(2, 82) = 12.826$ ， $p = .000$ ， $\eta^2 = .238$ ；记忆负荷和组间交互作用不显著， $F(2, 82) = .632$ ， $p = .534$ 。N2 潜伏期存在显著的组间差异， $F(1, 41) = 4.127$ ， $p = .046$ 。

.049,  $\eta^2 = .091$ , 网络成瘾组 N2 潜伏期 ( $248.178 \pm 3.594$ ) 显著长于对照组 ( $238.196 \pm 3.351$ )。

## 4 讨论

### 4.1 行为数据

由行为数据结果可知, 网络成瘾组反应时高于对照组, 且正确率低于对照组, 虽然两组被试没有达到显著差异, 但是存在一定的趋势, 说明在工作记忆加工过程中, 网络成瘾组工作绩效低于对照组。由表 2 可知, 在 0-back 条件下, 网络成瘾组工作绩效大于对照组, 可能是由于在记忆负荷较低的情况下, 工作记忆相关脑区资源分配较轻松(武弋等, 2013), 对于两组被试而言, 调动注意资源并没有难度(沈模卫, 易宇骥, 张峰, 2003)。另外工作记忆负荷过低会导致操作错误, 正确率降低, 但长期的网络使用能够提升个体的手眼协调能力(Dong, Huang, & Du, 2012), 以至于低负荷下网络成瘾组的正确率高于对照组, 反应时低于对照组。随着记忆负荷的增加, 对于网络成瘾组, 其注意资源的分配越来越困难, 正确率会下降, 反应时会延长; 对于对照组, 随着记忆负荷的增加, 工作绩效越来越好, 可能是由于被试的注意资源能够进行合理安排, 导致对照组的正确率提高, 反应时减少。与李南平、齐凤荣、陶然、姚淑敏和马海春(2006)采用基本认知测验软件对网络成瘾者的工作记忆进行测量的结果一致, 认为网络成瘾者的工作记忆水平显著低于常模水平, 其认知能力低于正常水平。

### 4.2 脑电数据

#### 4.2.1 P2 成分

P2 成分与注意资源的分配有关(Yang, Guan, Dedovic, Qi, & Zhang, 2012), P2 的波幅增大说明注意增强。另外, 在认知加工过程中, 对刺激进行加工时也会导致 P2 成分的出现(Bigman & Pratt, 2004)。根据工作记忆的“注意控制”模型, 被试必须记住每个刺激, 准确识别靶刺激, 排除非靶刺激, 同时还需要对短时记忆进行存储和对靶刺激进行注意控制。网络成瘾组 P2 波幅显著大于对照组, 说明网络成瘾组对刺激分配了更多的注意资源, 注意强度大且不容易转移, 对字母刺激加工时的自动化程度较低, 在对刺激进行记忆前, 两组被试对刺激投入的注意资源不同。为了完成相同的行为, 达到相同的目的, 网络成瘾组需要比对照组投入更多的注意资源(Meng et al., 2012)。因此, 本研究 P2

波幅存在显著的组间差异, 且网络成瘾组的 P2 波幅显著大于对照组, 说明网络成瘾组需要更多的认知资源完成工作记忆任务。

#### 4.2.2 N2 成分

工作记忆作为执行控制的核心成分之一, 它主要反映个体暂时储存和刷新信息的能力(Klingberg, 2010)。N2 通常被认为与执行控制有关(Folstein & van Petten, 2008)。且 N-back 范式是一个可以根据记忆负荷的大小来探究工作记忆加工机制的范式, N-back 范式要求被试连续刷新工作记忆中的信息, 同时存贮、抑制和提取信息流, 是一种典型的执行控制(邓玉琴, 王艳, 丁晓茜, 唐一源, 2015)。在本研究中, 网络成瘾组与对照组实验过程中均诱发 N2 成分, 且网络成瘾组 N2 成分波幅显著小于对照组, 说明网络成瘾组执行控制能力低于对照组。

从信息加工角度分析, N-back 范式主要包含匹配、刷新和短时贮存过程(王湘等, 2008), 网络成瘾组 N2 成分潜伏期显著长于对照组, 说明网络成瘾组的信息加工速度低于对照组。N-back 任务中不同负荷水平的任务所涉及的认知加工过程有所不同, 0-back 任务仅需完成匹配过程, 这部分需要的工作记忆资源很少; 1-back 任务除需完成与 0-back 任务同样的认知加工过程外, 还需不断刷新工作记忆中的单个刺激内容并进行项目的短时贮存, 为下一步的匹配任务做准备; 2-back 任务的刷新过程与 1-back 一致, 但是对项目贮存的功能要求更高(王湘等, 2008)。结合 N-back 的认知意义, 两组被试潜伏期存在显著差异, 说明网络成瘾组的匹配、刷新和短时贮存需要的时间长于对照组。

## 5 结论

(1) 与网络成瘾组相比, 对照组在工作记忆任务中具有加工优势, 虽未达到显著差异, 但平均正确率高于网络成瘾组, 且反应时快于网络成瘾组, 说明对照组工作记忆水平高于网络成瘾组。

(2) 网络成瘾组与对照组在 P2、N2 成分上存在显著差异: 网络成瘾组在 P2 成分上平均波幅较大, 表明网络成瘾组在进行工作记忆加工作业时, 需要投入更多的认知资源, 以达到与对照组相同的绩效; 网络成瘾组 N2 成分波幅低于对照组, 说明网络成瘾组执行控制能力低于对照组; 网络成瘾组 N2 成分潜伏期长于对照组, 说明网络成瘾组刷新和短时贮存过程所需时间长于对照组。

## 参考文献

- 戴坤懿, 马庆国, 王小毅. (2011). 网络游戏成瘾者对成瘾相关线索的注意偏向: 一项 ERP 研究. *心理科学*, 34(6), 1302–1307.
- 邓玉琴, 王艳, 丁晓茜, 唐一源. (2015). 执行控制研究方法概述. *中国健康心理学杂志*, 23(2), 304–307.
- 贺金波, 郭永玉, 柯善玉, 赵仑. (2008). 网络游戏成瘾者认知功能损害的 ERP 研究. *心理科学*, 31(2), 380–384.
- 贺金波, 洪伟琦, 鲍远纯, 雷玉菊. (2012). 网络成瘾者的大脑异于常人吗? *心理科学进展*, 20(12), 2033–2041.
- 李南平, 齐凤荣, 陶然, 姚淑敏, 马海春. (2006). 网络成瘾对青少年基本认知能力的影响. *中国行为医学科学*, 15(10), 938.
- 沈模卫, 易宇骥, 张峰. (2003). N-back 任务下视觉工作记忆负荷研究. *心理与行为研究*, 1(3), 166–170.
- 王湘, 陈斌, 刘鼎, 王晓燕, 姚树桥. (2008). 不同记忆负荷水平下执行控制的 ERP 效应. *中国心理卫生杂志*, 22(8), 576–582.
- 武弋, 李宏永, 张喆, 段晓鑫, 张帆, 陈旭辉, 柯铭. (2013). 改进的 N-back 范式工作记忆认知实验研究. *中国健康心理学杂志*, 21(11), 1679–1682.
- 张豹, 黄赛, 侯秋霞. (2014). 网络游戏成瘾者注意焦点转换功能的特异性损伤研究. *心理发展与教育*, 30(5), 533–539.
- 张微, 周兵平, 臧玲, 莫书亮. (2015). 网络成瘾倾向者在视觉工作记忆引导下的注意捕获. *心理学报*, 47(10), 1223–1234.
- Bigman, Z., & Pratt, H. (2004). Time course and nature of stimulus evaluation in category induction as revealed by visual event-related potentials. *Biological Psychology*, 66(2), 99–128.
- Camos, V. (2008). Low working memory capacity impedes both efficiency and learning of number trans coding in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 99(1), 37–57.
- Dong, G. H., DeVito, E. E., Du, X. X., & Cui, Z. Y. (2012). Impaired inhibitory control in ‘internet addiction disorder’: A functional magnetic resonance imaging study. *Psychiatry Research: NeuroImaging*, 203(2–3), 153–158.
- Dong, G. H., Hu, Y. B., Lin, X., & Lu, Q. L. (2013). What makes Internet addicts continue playing online even when faced by severe negative consequences? Possible explanations from an fMRI study. *Biological Psychology*, 94(2), 282–289.
- Dong, G. H., Huang, J., & Du, X. X. (2012). Alterations in regional homogeneity of resting-state brain activity in internet gaming addicts. *Behavioral and Brain Functions*, 8, 41.
- Dong, G. H., Lu, Q. L., Zhou, H., & Zhao, X. (2010). Impulse inhibition in people with Internet addiction disorder: Electrophysiological evidence from a Go/NoGo study. *Neuroscience Letters*, 485(2), 138–142.
- Folstein, J. R., & van Petten, C. (2008). Influence of cognitive control and mismatch on the N2 component of the ERP: A review. *Psychophysiology*, 45(1), 152–170.
- Han, L. Z., Liu, Y. Z., Zhang, D. D., Jin, Y., & Luo, Y. J. (2013). Low-arousal speech noise improves performance in N-Back task: An ERP study. *PLoS ONE*, 8(10), e76261.
- Klingberg, T. (2010). Training and plasticity of working memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 14(7), 317–324.
- Lee, H. W., Choi, J. S., Shin, Y. C., Lee, J. Y., Jung, H. Y., & Kwon, J. S. (2012). Impulsivity in internet addiction: A comparison with pathological gambling. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 15(7), 373–377.
- Meng, J., Hu, L., Shen, L., Yang, Z., Chen, H., Huang, X. T., & Jackson, T. (2012). Emotional primes modulate the responses to others’ pain: An ERP study. *Experimental Brain Research*, 220(3–4), 277–286.
- Nie, J., Zhang, W., Chen, J., & Li, W. D. (2016). Impaired inhibition and working memory in response to internet-related words among adolescents with internet addiction: A comparison with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Psychiatry Research*, 236, 28–34.
- Ostovar, S., Allahyar, N., Aminpoor, H., Moafian, F., Nor, M. B. M., & Griffiths, M. D. (2016). Internet addiction and its psychosocial risks (Depression, Anxiety, Stress and Loneliness) among Iranian adolescents and young adults: A structural equation model in a cross-sectional study. *International Journal of Mental Health and Addiction*, 14(3), 257–267.
- Ricciardi, E., Bonino, D., Gentili, C., Sani, L., Pietrini, P., & Vecchi, T. (2006). Neural correlates of spatial working memory in humans: A functional magnetic resonance imaging study comparing visual and tactile processes. *Neuroscience*, 139(1), 339–349.
- Rodgers, R. F., Melioli, T., Laconi, S., Bui, E., & Chabrol, H. (2013). Internet addiction symptoms, disordered eating, and body image avoidance. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 16(1), 56–60.
- Shimi, A., Nobre, A. C., & Scerif, G. (2015). ERP markers of target selection discriminate children with high vs. low working memory capacity. *Frontiers in Systems Neuroscience*, 9, 153.
- Widyanto, L., Griffiths, M. D., & Brunson, V. (2011). A psychometric comparison of the internet addiction test, the internet-related problem scale, and self-diagnosis. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(3), 141–149.
- Wu, J. Y. W., Ko, H. C., Tung, Y. Y., & Li, C. C. (2016). Internet use expectancy for tension reduction and disinhibition mediates the relationship between borderline personality disorder features and internet addiction among college students—one-year follow-up. *Computers in Human Behavior*, 55, 851–855.
- Xiong, J. Y., & Yao, L. Y. (2010). The research of event-related potentials in working memory of the juvenile internet addiction. In *Proceedings of 2010 international conference on e-health networking, digital ecosystems and technologies*. Shenzhen: IEEE.
- Yang, J., Guan, L. L., Dedovic, K., Qi, M. M., & Zhang, Q. L. (2012). The neural correlates of implicit self-relevant processing in low self-esteem: An ERP study. *Brain Research*, 1471, 75–80.
- Young, K. S. (1998). Internet addiction: The emergence of a new clinical disorder. *CyberPsychology and Behavior*, 1(3), 237–244.
- Yuan, Y. R., Leung, A. W. S., Duan, H. X., Zhang, L., Zhang, K., Wu, J., & Qin, S. Z. (2016). The effects of long-term stress on neural dynamics of working memory processing: An investigation using ERP. *Scientific Reports*, 6, 23217.
- Zhou, S., Després, O., Pebayle, T., & Dufour, A. (2015). Age-related decline in cognitive pain modulation induced by distraction: Evidence from event-related potentials. *The Journal of Pain*, 16(9), 862–872.
- Zhou, Y., Lin, F. C., Du, Y. S., Qin, L. D., Zhao, Z. M., Xu, J. R., & Lei, H. (2011). Gray matter abnormalities in internet addiction: A voxel-based morphometry study. *European Journal of Radiology*, 79(1), 92–95.



# The Brain Mechanism on Working Memory Level of Internet Addicts: From the Evidence of ERP

*Sun Yan<sup>1,2</sup>, Wang Xiaodan<sup>1</sup>, Liu Sha<sup>1</sup>, Li Zhenzhu<sup>1</sup>*

(<sup>1</sup>School of psychology Liaoning Normal University, Dalian, 116029)

(<sup>2</sup>Liaoning Collaborative Innovation Center of Children and Adolescents Healthy Personality Assessment and Cultivation, Dalian, 116029)

**Abstract** Internet Addiction Disorder (IAD) is a kind of pathological internet using. It features in overusing or uncontrolled using internet and thus it has a negative effect on mentality, society and work performance. The number of people who has IAD is increasing rapidly. There is a growing concern with IAD because of its danger. Relevant research on IAD is urgently required. The scholars did a lot of research on the neural mechanism of IAD in recent years and found out that IAD had different kinds of brain dysfunction. The abnormality in working memory is one of those dysfunctions. Based on event-related potentials (ERP), the paper discusses the effects of working memory on executive control for IAD and compares the differences between the IAD group and control group on the working memory level. The various patterns of ERP time course under increasing memory loads are studied.

Employing the technology of ERP, setting N-back model as research task, using letters as material, dividing the tasks into three load levels: 0, 1, 2. The whole experiment was divided into practice and formal experiments. To assure that subjects understood the experiment, practice experiments included three load levels that required subjects to complete. After that, subjects accomplished the formal experiment.

Formal experiment contained 8 blocks. Each block contained three load levels, and each memory load had 20 trials. Before the start of each memory load, there would appear an empty screen for 2000ms ( $n = 0$ ,  $n = 1$ ,  $n = 2$ ), and then subjects should response to the letter presented as quickly as possible. Participants had 2 minutes to rest after completing every block. The experiment would last about half an hour. 20 subjects with IAD were selected as the IAD group and another 23 normal college students as control group by using the Young's Internet Addiction Scale to measure their network addition level.

We used SPSS 17.0 to process the data. We used the method of  $2 \times 3$  repeated measure analysis of variances to analyze the behavioral data, and used  $2 \times 3 \times 9$  repeated measure analysis of variances to analyze the ERP data. The analyzed ERP components mainly include P2, N2. The study's purpose is to find out the brain mechanism in the working memory of internet addicts by comparing the ERP components between two groups.

Based on the analyses and discussions of the above-mentioned studies, the following conclusions were drawn:

(1) With the increase of memory load, the accuracy rate declined and the reaction time became longer in both IAD and control groups. Compared with IAD group, the college students in control group had processing advantages on the working memory task. Their accuracy rate was higher and their reaction time was shorter than those in IAD group. However, the differences did not reach significance.

(2) There were significant differences in P2 and N2 components between the IAD group and the control group. Compared with the control group, the average amplitude of P2 was larger while the average amplitude of N2 was smaller in the IAD group. This reflected that the IAD group needed more cognitive resources for working memory processing to get the same achievements than the control group. In the mean time, it also demonstrated that the executive control ability of IAD group was lower than control group. The latency of N2 in the IAD group was longer than control group, which indicated the refresh and the time needed for short-term storage in the IAD group were higher than the control group.

**Key words** college student, internet addict disorder, working memory, ERP