



老化对视觉注意调控网络的影响*

曹丹丹^{1,2)} 刘祖祥^{2,3,4)} 赖昭宇^{3,4)} 吕钊¹⁾ 舒伟⁵⁾ 王欢^{3)**} 杨艳^{2,3,4)**}⁽¹⁾ 安徽大学, 多模态认知计算安徽省重点实验室, 合肥 230601; ⁽²⁾ 合肥综合性国家科学中心, 人工智能研究院, 合肥 230088;⁽³⁾ 中国科学院生物物理研究所, 脑与认知科学国家重点实验室, 北京 100101; ⁽⁴⁾ 中国科学院大学中丹学院, 北京 100049;⁽⁵⁾ 首都医科大学宣武医院, 功能神经外科, 北京 100053)

摘要 目的 老龄化是日益严重的社会性问题。老年人的认知功能, 如注意等, 出现了明显的衰退。探究老化过程中视觉注意调控网络的改变有助于理解老年人认知功能衰退的神经机制, 并为寻找潜在的干预方式提供理论基础。**方法** 本研究采用经典的双目标注意任务: 被试仅需全程注视屏幕中心的黑十字。黑十字左右两侧13.5°视角会呈现两个相同的视觉圆点, 800~1 200 ms后其中随机一个目标会发生改变或者不变。通过采集该视觉注意任务期间的脑电活动信号, 比较青年人与老年人在视觉目标改变和不变两种条件下的大脑活动。**结果** 实验发现在青年人中, 额叶、顶叶和颞叶等脑区的电极记录到的神经电活动特征对视觉目标是否改变存在显著性差异, 而老年人的脑活动对该视觉目标改变无显著性变化。此外, 还发现该脑网络的变化在青年人和老年人中均存在性别差异。**结论** 注意任务下老年人脑网络难以对外界视觉信息输入做出及时响应, 老化过程伴随视觉注意调控网络(额叶、顶叶和颞叶等)功能的衰退, 该脑网络的变化存在性别差异。本研究为老化引起视觉注意调控网络损伤提供了新的证据。

关键词 老化, 注意, 脑网络, 脑电图**中图分类号** B842.1**DOI:** 10.16476/j.pibb.2022.0539

老化会导致大脑感知觉系统的明显衰退。在视觉系统中, 老年人的视觉感知能力存在多方面的损伤。在排除黄斑病变、青光眼、白内障等眼科疾病的影响后, 与青年人相比, 老年人存在视锐度下降^[1-2]、中高频段对比敏感度降低^[3]、方位辨别能力下降^[4]、运动信息处理能力下降^[5-6]等状况。这些视觉感知能力的损伤与老化导致的大脑γ-氨基丁酸(γ-aminobutyric acid, GABA)能抑制性系统衰退密切相关^[7-8]。老化同样能够导致认知能力出现改变, 如注意^[9]等。与青年人相比, 老年人背侧前额叶和顶叶等与注意功能相关的皮层区域活动存在显著的升高^[10-11]。事件相关电位的研究表明, 在注意任务中老年人对需要忽视事物的神经活动并没有出现下降, 对需要注意事物的神经活动则出现了增强, 老年人选择性注意的执行效率显著低于青年人, 而且难以抑制大脑对需要忽视事物的神经活动^[12]。功能核磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)的研究也支持老年人在抑制任务无关神经活动方面存在损伤^[13-14], 而且

这种损伤还与工作记忆任务表现的下降相关^[14]。

注意网络由背侧注意网络(dorsal attention network, DAN)和腹侧注意网络(ventral attention network, VAN)组成^[15-16]。背侧注意网络主要由额叶眼动区(frontal eye field, FEF)和顶内沟/顶上小叶(intraparietal sulcus/superior parietal lobule, IPs/SPL)组成, 对视觉刺激进行自上而下(top-down)的处理, 负责内源性目标驱动和外源性注意定向。腹侧注意网络主要包括颞顶联合区(temporoparietal junction, TPJ)和腹侧额叶区域(ventral frontal cortex, VFC), 其中TPJ由顶下小叶/颞上回(inferior parietal lobule/superior

* 国家重点研发计划(2022YFB4700101), 北京市自然科学基金(Z210009)和科技创新2030-“脑科学与类脑研究”重大项目(2022ZD0204800)资助。

** 通讯联系人。

杨艳 Tel: 010-64886521, E-mail: yyang@ibp.ac.cn

王欢 Tel: 010-64886521, E-mail: wanghuan@ibp.ac.cn

收稿日期: 2022-11-22, 接受日期: 2023-02-07

temporal gyrus, IPL/STG) 组成, VFC 由额下回和额中回 (inferior frontal gyrus/middle frontal gyrus, IFg/MFg) 区域组成。当新颖的凸显刺激目标出现时, VAN 可以进行刺激驱动的注意控制, 打破 DAN 自上而下的注意控制, 从而实现注意的转移^[15-17]。DAN 中的 IPs 和 FEF 区域也会受到刺激驱动的调控, 当视觉系统检测到未被注意的凸显刺激时, TPJ 和 IPs 之间的连接也能够打破自上而下的注意控制^[15]。

注意网络也会随着年龄的增加发生改变。在注意任务中, 老年人腹侧注意网络的损伤与背侧注意网络相比更加严重, 但这两个网络之间的功能连接依然存在^[18]。通过独立成分分析对腹侧注意网络的功能连接进行研究, 人们发现, 在执行注意任务时, 老年人腹侧注意网络内存在更多的功能连接, 该网络的跨半球改变也与年龄相关^[19]。最近, 另一项静息态 fMRI 研究表明, 认知能力的损伤和老化都表现为腹侧注意网络内功能连接的降低, 而背侧注意网络在老化过程中没有出现明显的损伤^[20]。然而也有研究发现, 与青年人相比, 老年人背侧注意网络内的功能连接出现下降, 网络间功能连接出现上升^[21]。线索提示的注意任务中, 当要求被试注意任务相关的线索目标时, 注意相关的背侧前额叶和顶叶区域在青年人和老年人中均出现激活, 但是老年人注意网络内的功能连接出现了损伤^[22]。当线索提示面孔刺激出现时, 青年人梭状回面孔区和背侧注意网络之间的功能连接显著高于老年人^[23]。

本项研究使用双目标注意任务的实验范式, 通过脑电图 (electroencephalogram, EEG) 采集青年人和老年人在执行注意任务期间的脑神经电活动。

研究发现, 在目标的视觉信息发生改变时, 其诱发的视觉注意调控网络脑电活动的变化在不同年龄组人群中存在差异。这种差异同时也存在性别上的不同。本研究结果能够为理解老化引起的视觉注意调控网络损伤提供更多的证据。

1 材料与方法

1.1 被试

本研究共招募了 50 位被试参与实验, 依据年龄分为两组: 青年组和老龄组, 其中青年组 30 位被试, 男性、女性各 15 位, 年龄 (24 ± 1.3) 岁 ($mean \pm SD$); 老龄组 20 位被试, 包括 12 位女性和 8 位男性, 年龄 (65.7 ± 8.4) 岁。被试均有正常或矫正至正常的视力。研究经合肥综合性国家科学中心人工智能研究院伦理委员会及首都医科大学宣武医院伦理委员会审批通过, 所有被试均签署知情同意书。

1.2 实验流程

实验设置如图 1 所示。视觉刺激采用 E-studio 软件实现。十字注视点和其两侧的目标刺激均为 2.5° 视角, 目标刺激距十字注视点 13.5° 视角。十字注视点为黑色 (RGB: 0, 0, 0), 目标刺激为深灰色 (RGB: 51, 51, 51), 呈现在白色 (RGB: 255, 255, 255) 背景上。屏幕距离被试的距离设置为 65 cm。实验开始之后, 屏幕会出现实验指导语, 告知被试放松身体尽量保持不动, 被试按任意键, 试次 (trial) 开始, 屏幕中心出现十字注视点, 整个 trial 内被试被要求保持对中心十字的注视。十字注视点呈现 1 000~2 000 ms 后在十字的左右两边同时出现视觉刺激, 并呈现 800~1 200 ms。随后视觉刺激发生改变 (图 1a) 或者保持不变 (图 1b), 呈现 1 000 ms。根据视觉刺激的变化情

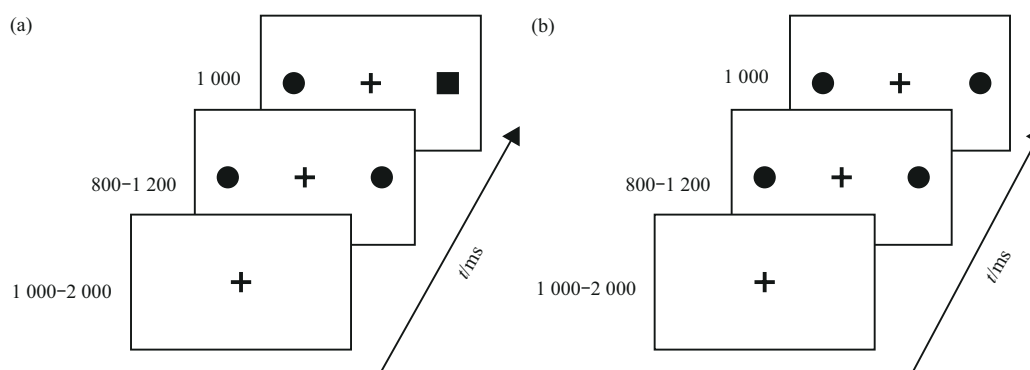


Fig. 1 Visual stimuli and experimental procedure

(a) Visual stimuli changed condition. During the whole trial, subjects were asked to fixate at the central cross for 1 000~2 000 ms, visual stimuli appeared at each side of the cross and lasted 800~1 000 ms, then visual stimuli changed and lasted 1 000 ms. (b) Visual stimuli unchanged condition.

况, 实验分为视觉刺激变化和不变两种条件, 每个条件下包含 50 个试次, 共 100 个试次。

1.3 数据采集

本研究中受试的脑电数据使用美国 EGI 公司生产的 GES400 设备采集, 实验采用了 EGI 设备配套

的 64 通道电极帽, 电极分布遵循 10-20 国际标准, 电极位置分布如图 2a 所示, 采集系统是 EGI 配套的 Net station Acquisitio 软件。采样频率为 250 Hz, 阻抗小于 50 kΩ。

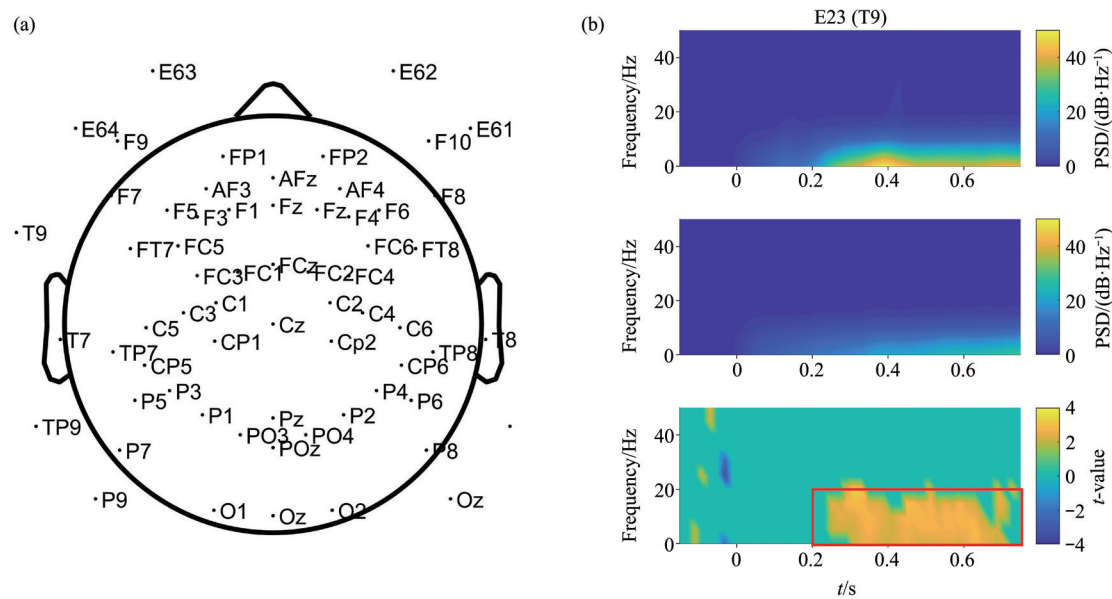


Fig. 2 Electrode location and extraction of region of interest (ROI)

(a) Location of each EEG channel. The electrodes are named according to the anatomical site. FP (frontal-parietal) and AF (anterior frontal) are the prefrontal region, F: Frontal, T: Temporal, C: Central, P: Parietal, O: Occipital. z Represents the midline of the brain, such as FPz, FCz, Cz, etc., which can be used for positioning. Usually, odd number represents the left hemisphere electrode, and even number represents the right hemisphere electrode. (b) Extraction of ROI was based on data in young adult group. Spectrogram of stimuli changed condition (up panel) was compared with that of stimuli unchanged condition (middle panel) using paired *t*-test. Area with significant difference was defined as ROI (1–20 Hz, 200–800 ms after visual stimuli changed).

1.4 数据预处理

完成数据采集之后, 采用 EGI 设备自带的 Net Station Tools 软件对数据预处理。数据预处理流程如下, 首先进行 1~50 Hz 的带通滤波和 50 Hz 的陷波滤波去除 50 Hz 的工频干扰, 以视觉刺激改变为零点, 提取零点起始前 200 ms 和后 800 ms 共 1 000 ms 的数据, 对每个分段用前 200 ms 的数据进行基线校准。之后用 Matlab 软件对数据进行进一步的处理。

经过分段处理之后, 对于每个被试, 每个实验条件可以获得 50 个试次的分段, 对每个分段求其功率谱密度 (power spectral density, PSD), 使用短时傅里叶求功率谱密度, 窗函数采用汉明窗, 窗口长度为 200 ms, 重叠窗长 100 ms。对每个实验条件求得的功率谱密度采用三倍标准差去除特异值进行处理, 即将 50 个功率谱的每个点与平均值差

值大于三倍标准差的值用平均值替代。然后将处理过的每个实验条件的 50 个功率谱密度求平均功率谱密度。

1.5 统计分析

完成数据预处理后, 统计比较被试每个电极位在刺激改变和不变两种实验条件下的平均功率谱密度 (图 2b)。对青年组数据进行分析发现, 圆盘改变和不变时引起的大脑活动差异主要集中在额叶和顶叶的电极位点, 而且有显著差异的功率谱密度集中分布在频率范围 1~20 Hz、时间 200~800 ms 的区域内 (图 2b)。将该区域设定为本研究的感兴趣区 (region of interest, ROI), 比较不同年龄人群在两种实验条件下该 ROI 内不同脑区的神经活动差异。分别对青年组和老年组被试两种实验条件下的脑电活动逐电极位点进行配对 *t* 检验, 可以获得 *t* 值分布的地形图。

为了进一步探究注意网络动态变化的性别差异, 将被试分为4组, 即青年男性组、青年女性组、老年男性组和老年女性组, 探究性别与注意网络动态变化之间的关联。

2 结果

首先比较刺激改变和不变两种条件下被试大脑

活动的差异。图3a的地形图展示了青年组两种条件配对 t 检验的统计量 t 值, 图3c展示了大脑活动出现显著性改变的电极通道, 主要集中于额叶和顶叶区域, 且表现为刺激改变条件下的大脑活动强于刺激不变条件下的大脑活动。这些结果表明, 在注意任务中, 视觉刺激发生改变后, 青年组被试的脑网络出现了明显的改变。然而在老年组中并没有观察到类似的现象(图3b, c), 说明老年组被试

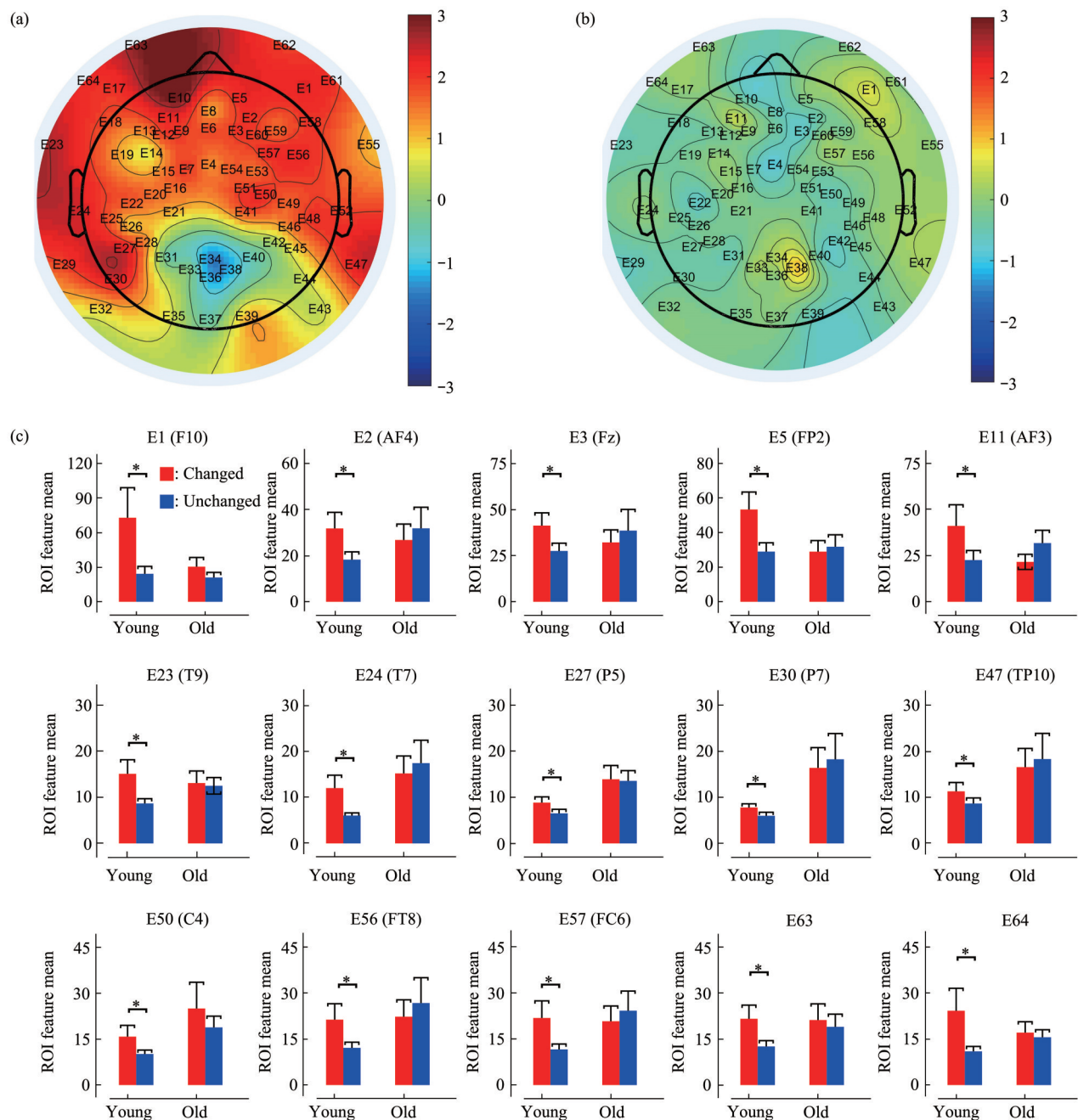


Fig. 3 Differences between two experimental conditions in the two groups

(a) Topographic map of t -values obtained by the paired t -test on the two conditions in the young adults group. (b) Topographic map in old adults group. (c) The 15 electrodes that showed significant differences between two conditions in young adults group were selected, while old adults group did not show significant differences on all electrodes. Red bars are visual stimuli changed condition, blue bars are visual stimuli unchanged condition. Data are shown as $mean \pm SD$, $*P < 0.05$, obtained by paired t -test.

在执行注意任务时, 脑网络并没有随刺激的改变而出现相应的变化。

图4展示了将两组人群按照性别分成4组, 分性别对视觉刺激改变和不变两种实验条件进行配对*t*检验的结果。在青年组女性被试中, 刺激改变引起的脑电活动在额叶区域和顶叶区域一些电极上显著高于刺激不变时的脑电活动。FCz ($t=2.401\ 2$, $df=14$, $P=0.030\ 8$), FP1 ($t=2.045\ 0$, $df=14$, $P=0.013\ 9$), E63 ($t=2.448\ 4$, $df=14$, $P=0.028\ 1$),

P5 ($t=2.611\ 7$, $df=14$, $P=0.020\ 5$), P7 ($t=2.482\ 0$, $df=14$, $P=0.026\ 4$)。而青年组男性在两个颞叶电极T9和T7上表现出刺激改变显著大于刺激不变。T7 ($t=2.256\ 3$, $df=14$, $P=0.040\ 6$), T9 ($t=2.256\ 3$, $df=14$, $P=0.011\ 6$)。老龄组女性在两个额叶电极上表现出刺激改变时的脑电活动显著小于刺激不变时的脑电活动, FCz ($t=-2.710\ 8$, $df=11$, $P=0.020\ 3$), E62 ($t=-2.419\ 3$, $df=11$, $P=0.034\ 0$), 而老龄组男性在所有电极上均未出现显著性差异。

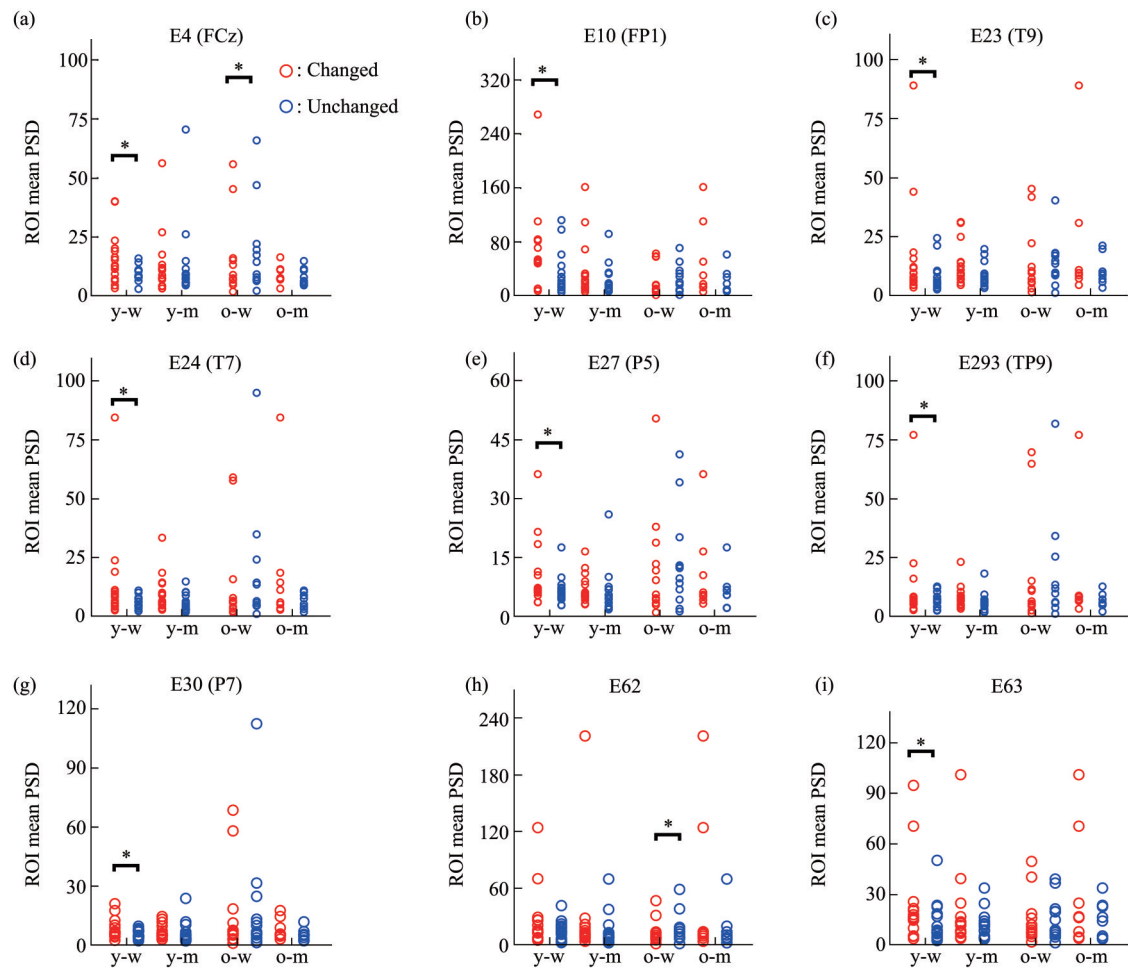


Fig. 4 Sex difference under attention task was observed in both groups

(a-i) Electrode channels with significant differences between two conditions are shown. Red circles are visual stimuli changed condition, blue circles are visual stimuli unchanged condition. Each circle represents data from one subject. y-w: young woman; y-m: young man; o-w: old woman; o-m: old man. * $P<0.05$, obtained by paired *t*-test.

3 讨 论

本研究基于EEG采集到的青年人和老年人大脑神经电活动, 研究了在注意任务中视觉刺激改变诱发的脑网络变化在不同年龄组人群中的差异。发

现青年人额叶、顶叶和颞叶区域电极记录到的脑电活动会随着视觉刺激的改变而发生变化, 但是视觉刺激并未诱发老年人脑网络活动的显著改变。这提示在注意任务中, 老年人的脑网络难以及时地对刺激信息的变化。同时, 在青年人和老年人群中

均观察到了脑网络变化存在的性别差异。

在老化过程中, 大脑背侧和腹侧注意网络均出现了改变^[18-21]。生酮干预能够显著增加老年人背侧注意网络内的白质纤维束密度和功能连接, 提高老年人在注意相关的认知测试中的表现^[24]。在静息和任务状态下老年人背侧注意网络与默认网络之间还存在显著的反相关关系^[21, 25-26]。对老年大鼠的研究表明, 前额叶皮层的损伤能够削弱老年大鼠的注意能力, 顶叶皮层内胆碱能神经元的衰退能够改变前额叶皮层的动态激活从而弱化注意能力^[27]。本研究结果表明, 在注意任务中, 刺激诱发的视觉注意调控网络改变可以在青年人中观察到, 而老年人没有表现出显著性的变化, 这说明老化也伴随着视觉注意调控网络的损伤。注意网络中, 背侧注意网络主要进行自上而下的控制, 腹侧注意网络负责刺激驱动响应, 能够打破自上而下的控制从而将注意力转移到新颖的目标物体上^[15-17]。本研究中, 被试在执行注意任务时视觉刺激会出现变化, 所观察到的脑电信号的改变可能主要来自 TPJ 和 VFC 组成的腹侧注意网络的神经活动变化。

此外, 本研究还发现, 视觉刺激改变引起的 EEG 活动变化存在性别差异。青年女性中 EEG 活动的改变主要集中在额叶和顶叶电极上, 而青年男性的 EEG 活动改变则表现在颞叶电极。在老年人中, 女性额叶电极出现了显著的 EEG 活动改变, 而男性所有电极通道均没有表现出活动的变化。这些结果与前人在注意网络的性别差异方面的研究成果是一致的。事件相关电位的研究表明, 在注意任务中, 女性右侧前额叶和枕叶区域的激活更强^[28]。在奖励/惩罚任务中, 与男性相比, 女性的注意能力更强, 默认网络的活动被抑制而背侧注意网络存在更强的激活^[29]。

老化过程伴随着感知觉能力和认知能力的多方面损伤。本研究使用了经典的双目标注意任务实验范式, 为了减轻老年人在实验中的任务压力, 不要求被试报告是否检测到了视觉目标刺激的变化。在注意任务中, 老年人与青年人在脑网络活动方面的差异, 表明采用的双目标注意任务可较灵活方便地用于老年人认知能力检测, 具有一定的临床应用价值。

4 结 论

注意是一种重要的认知功能, 本文发现, 刺激诱发的视觉注意调控网络改变存在于青年人中, 而

不存在于老年人中, 同时这种改变还存在性别差异。因此, 本研究表明老化过程中伴随着视觉注意调控网络的功能损伤。

参 考 文 献

- [1] Gittings N S, Fozard J L. Age related changes in visual acuity. *Exp Gerontol*, 1986, **21**(4-5): 423-433
- [2] Hirvela H, Laatikainen L. Visual acuity in a population aged 70 years or older; prevalence and causes of visual impairment. *Acta Ophthalmol Scand*, 1995, **73**(2): 99-104
- [3] Elliott D B. Contrast sensitivity decline with ageing: a neural or optical phenomenon?. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1987, **7**(4): 415-419
- [4] Casco C, Barollo M, Contemori G, *et al.* The effects of aging on orientation discrimination. *Front Aging Neurosci*, 2017, **9**: 45
- [5] Raghuram A, Lakshminarayanan V, Khanna R. Psychophysical estimation of speed discrimination. II. Aging effects. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*, 2005, **22**(10): 2269-2280
- [6] Ball K, Sekuler R. Improving visual perception in older observers. *J Gerontol*, 1986, **41**(2): 176-182
- [7] Leventhal A G, Wang Y, Pu M, *et al.* GABA and its agonists improved visual cortical function in senescent monkeys. *Science*, 2003, **300**(5620): 812-815
- [8] Wang Z, Yu S, Fu Y, *et al.* Aging potentiates lateral but not local inhibition of orientation processing in primary visual cortex. *Front Aging Neurosci*, 2018, **10**: 14
- [9] Grady C. The cognitive neuroscience of ageing. *Nat Rev Neurosci*, 2012, **13**(7): 491-505
- [10] Vincent J L, Kahn I, Snyder A Z, *et al.* Evidence for a frontoparietal control system revealed by intrinsic functional connectivity. *J Neurophysiol*, 2008, **100**(6): 3328-3342
- [11] Corbetta M, Patel G, Shulman G L. The reorienting system of the human brain: from environment to theory of mind. *Neuron*, 2008, **58**(3): 306-324
- [12] Haring A E, Zhuravleva T Y, Alperin B R, *et al.* Age-related differences in enhancement and suppression of neural activity underlying selective attention in matched young and old adults. *Brain Res*, 2013, **1499**: 69-79
- [13] Schmitz T W, Cheng F H, De Rosa E. Failing to ignore: paradoxical neural effects of perceptual load on early attentional selection in normal aging. *J Neurosci*, 2010, **30**(44): 14750-14758
- [14] Gazzaley A, Cooney J W, Rissman J, *et al.* Top-down suppression deficit underlies working memory impairment in normal aging. *Nat Neurosci*, 2005, **8**(10): 1298-1300
- [15] Corbetta M, Shulman G L. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. *Nat Rev Neurosci*, 2002, **3**(3): 201-215
- [16] Vossel S, Geng J J, Fink G R. Dorsal and ventral attention systems: distinct neural circuits but collaborative roles. *Neuroscientist*, 2014, **20**(2): 150-159
- [17] Suo X J, Ding H, Li X, *et al.* Anatomical and functional coupling

- between the dorsal and ventral attention networks. *Neuroimage*, 2021, **232**: 117868
- [18] Kurth S, Majerus S, Bastin C, *et al.* Effects of aging on task- and stimulus-related cerebral attention networks. *Neurobiol Aging*, 2016, **44**: 85-95
- [19] Deslauriers J, Ansado J, Marrelec G, *et al.* Increase of posterior connectivity in aging within the Ventral Attention Network: a functional connectivity analysis using independent component analysis. *Brain Res*, 2017, **1657**: 288-296
- [20] Jiang R, Scheinost D, Zuo N, *et al.* A neuroimaging signature of cognitive aging from whole-brain functional connectivity. *Adv Sci (Weinh)*, 2022, **9**(24): e2201621
- [21] Spreng R N, Stevens W D, Viviano J D, *et al.* Attenuated anticorrelation between the default and dorsal attention networks with aging: evidence from task and rest. *Neurobiol Aging*, 2016, **45**: 149-160
- [22] Madden DJ, Costello MC, Dennis NA, *et al.* Adult age differences in functional connectivity during executive control. *Neuroimage*, 2010, **52**(2): 643-657
- [23] Bollinger J, Rubens M T, Masangkay E, *et al.* An expectation-based memory deficit in aging. *Neuropsychologia*, 2011, **49**(6): 1466-1475
- [24] Roy M, Edde M, Fortier M, *et al.* A ketogenic intervention improves dorsal attention network functional and structural connectivity in mild cognitive impairment. *Neurobiol Aging*, 2022, **115**: 77-87
- [25] Avelar-Pereira B, Backman L, Wahlin A, *et al.* Age-related differences in dynamic interactions among default mode, frontoparietal control, and dorsal attention networks during resting-state and interference resolution. *Front Aging Neurosci*, 2017, **9**: 152
- [26] Wu J T, Wu H Z, Yan C G, *et al.* Aging-related changes in the default mode network and its anti-correlated networks: a resting-state fMRI study. *Neurosci Lett*, 2011, **504**(1): 62-67
- [27] Yegla B, Joshi S, Strupp J, *et al.* Dynamic interplay of frontoparietal cholinergic innervation and cortical reorganization in the regulation of attentional capacities in aging. *Neurobiol Aging*, 2021, **105**: 186-198
- [28] Neuhaus A H, Opgen-Rhein C, Urbanek C, *et al.* Spatiotemporal mapping of sex differences during attentional processing. *Hum Brain Mapp*, 2009, **30**(9): 2997-3008
- [29] Dumais K M, Chernyak S, Nickerson L D, *et al.* Sex differences in default mode and dorsal attention network engagement. *PLoS One*, 2018, **13**(6): e0199049

Effects of Aging on Visual Attention Regulatory Network*

CAO Dan-Dan^{1,2)}, LIU Zu-Xiang^{2,3,4)}, LAI Zhao-Yu^{3,4)}, LÜ Zhao¹⁾, SHU Wei⁵⁾,
WANG Huan³⁾**, YANG Yan^{2,3,4)}**

¹⁾Anhui Provincial Key Laboratory of Multimodal Cognitive Computation, Anhui University, Hefei 230601, China;

²⁾Institute of Artificial Intelligence, Hefei Comprehensive National Science Center, Hefei 230088, China;

³⁾State Key Laboratory of Brain and Cognitive Science, Institute of Biophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

⁴⁾Sino-Danish College, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

⁵⁾Department of Functional Neurosurgery, Beijing Institute of Functional Neurosurgery, Xuanwu Hospital,
Capital Medical University, Beijing 100053, China)

Abstract Objective Aging is an increasingly serious social problem. The cognitive function of the elderly, such as attention, shows a significant decline. Investigating the deficits of visual attention regulatory network caused by aging will further our understanding of the neural mechanism of cognition declines of the elderly, and providing us the theoretical basis to find potential intervention methods. **Methods** In the study, we used a classical two-target attention task. Subjects were asked to keep their gaze on the central fixation cross, a pair of spots appeared separately located on left and right 13.5° from the cross. After 800–1 200 ms fixation, one of the two spots randomly changed its form or both remained unchanged. We recorded neural activity of young adults and old adults during the attention task using electroencephalogram (EEG). **Results** Through comparing the differences of EEG activity under visual stimuli changed and unchanged conditions, we found that neural activity of channels in frontal, parietal and temporal areas of young adults significantly changed with the change of stimuli, while neural activity of old adults didn't follow the change of stimuli. **Conclusion** These results demonstrated that brain network of the elderly could not effectively react to the change of external visual information load in the attention task. Aging is accompanied by the functional decline of the visual attention regulatory network. Besides, decline of this brain network also showed sex difference. Our research provided new evidence for the decline of visual attention regulatory network of the elderly.

Key words aging, attention, brain network, EEG

DOI: 10.16476/j.pibb.2022.0539

* This work was supported by grants from National Key R&D Program of China (2022YFB4700101), Beijing Natural Science Foundation (Z210009), and the National Science and Technology Innovation 2030 Major Program (2022ZD0204800).

** Corresponding author.

YANG Yan. Tel: 86-10-64886521, E-mail: yyang@ibp.ac.cn

WANG Huan. Tel: 86-10-64886521, E-mail: wanghuan@ibp.ac.cn

Received: November 22, 2022 Accepted: February 7, 2023