

基于游戏的脑电神经反馈训练对 认知功能改善作用的研究

马少辰^{1,2}, 郭 昕^{1,2}, 王铭维^{1,2}, 王惠君^{1,2}, 余启军³, 苏文月³, 王华龙^{1,2}, 马芹颖^{1,2*}
(1. 河北医科大学第一医院神经内科, 河北 石家庄 050031; 2. 河北省脑老化与认知神经科学重点实验室, 河北 石家庄 050031; 3. 秦皇岛市惠斯安普医学系统股份有限公司, 河北 秦皇岛 066000)

[摘要] 目的: 采用基于游戏的脑电神经反馈系统训练认知障碍患者, 观察其认知功能的改善状况。方法: 纳入以记忆力下降为主的认知障碍患者 52 例, 先对其进行简易精神状态检查量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)、蒙特利尔认知评估量表(Montreal Cognitive Assessment, MoCA)、阿尔茨海默病评定量表-认知量表(Alzheimer's Disease Assessment Scale-Cognitive section, ADAS-cog)评估。5 d 后, 对其进行连续 10 d 的脑电神经反馈“意念力蚂蚁”游戏训练, 每天训练 30 min。在训练前、训练第 10 天采集患者的脑电图, 训练完成后, 再次评估患者的 MMSE、MoCA、ADAS-cog 评分。结果: 经过训练, 患者的 MMSE、MoCA、ADAS-cog 量表总分提高, 训练前得分分别为(23.10±2.82)分、(18.63±4.10)分、(14.76±5.30)分, 训练后分别为(26.06±2.95)分、(21.88±3.94)分、(12.15±5.15)分。患者的认知功能总体改善, 其中记忆力改善最为明显, 训练前 MMSE、MoCA、ADAS-cog 量表记忆力部分得分分别为(1.55±0.77)分、(1.33±1.28)分、(4.35±1.11)分, 训练结束后的 MMSE、MoCA、ADAS-cog 量表记忆力部分得分分别为(2.16±0.80)分、(2.29±1.34)分、(3.93±1.30)分, 训练前、后差异有统计学意义($P<0.001$), 同时对患者的脑电复杂度进行计算分析, 发现其脑电复杂度提高, 以左侧前额叶改善为主。结论: 基于游戏的脑电神经反馈系统训练可显著提高认知障碍患者的认知功能, 并能提高其左侧前额叶的脑电复杂度。

关键词: 脑电神经反馈; 记忆力下降; 认知障碍

中图分类号: R541.7 文献标志码: A 文章编号: 1671-2870(2022)01-0041-05

DOI: 10.16150/j.1671-2870.2022.01.009

Effect of game-based EEG neurofeedback training on improvement of cognitive function MA Shaochen^{1,2}, GUO Xin^{1,2}, WANG Mingwei^{1,2}, WANG Huijun^{1,2}, YU Qijun³, SU Wenyue³, WANG Hualong^{1,2}, MA Qinying^{1,2*}. 1. Department of Neurology, First Hospital, Hebei Medical University, Shijiazhuang Hebei, 050031; 2. Brain Aging and Cognitive Neuroscience Key Laboratory of Hebei Province, Shijiazhuang, Hebei 050031; 3. Qinhuangdao Huisianpu Medical System Co., Ltd., Qinhuangdao Hebei, 066000, China

[Abstract] Objective: To observe the effect of game-based EEG neurofeedback system on improvement of cognitive function in the patients with cognitive impairment. **Methods:** Fifty-two patients with cognitive impairment, mainly memory decline, were included, and the Mini-Mental State Examination (MMSE), Montreal Cognitive Assessment Scale (MoCA) and Alzheimer's Disease Assessment Scale-Cognitive section (ADAS-cog) were conducted in the patients to evaluate cognitive impairment. Five days later, each patient was given 30-min EEG neural feedback training, once a day for 10 consecutive days. The EEG was detected before and after training, and MMSE, MoCA and ADAS-cog scores were also evaluated after training. **Results:** The scores of MMSE, MoCA and ADAS-cog scales after training were all higher (26.06±2.95, 21.88±3.94, 12.15±5.15) than those before training (23.10±2.82, 18.63±4.10, 14.76±5.30) ($P<0.05$). Before training, the scores of memory on MMSE, MoCA and ADAS-cog scales were 1.55±0.77, 1.33±1.28, 4.35±1.11, respectively, while the above scores increased to 2.16±0.80, 2.29±1.34, 3.93±1.30 ($P<0.001$) after training. The EEG after training showed that the complexity of EEG was improved than that before training, mainly in the left frontal lobe. **Conclusions:** The game-based EEG neurofeedback system training can significantly improve cognitive function and EEG complexity in the left prefrontal lobe.

Key words: EEG neurofeedback; Memory decline; Cognitive impairment

痴呆与认知障碍疾病是一种以获得性、持续性认知功能损害为核心,并导致患者日常生活和工作能力减退、行为改变的综合征,晚期可导致患者完全丧失生活能力,造成沉重的经济负担和社会负担。多种疾病均可引起痴呆,包括阿尔茨海默病(Alzheimer's disease, AD)、血管性痴呆、路易体痴呆、帕金森病痴呆、额颞叶痴呆以及其他疾病引起的继发性痴呆等。AD 是其中最为常见的痴呆类型,占有类型痴呆的 50%~70%^[1]。痴呆是一个连续隐匿进展的病理生理过程,轻度认知功能障碍(Mild Cognitive Impairment, MCI)描述了健康认知衰老与痴呆之间的一个临床状态,是指记忆力或其他认知功能进行性减退,但不影响日常生活能力,并且未达到痴呆的诊断标准。MCI 是一个重要的公共卫生问题。2020 年,贾建平教授团队系列研究发现,中国 60 岁以上人群中的痴呆患病率为 6.04%,患者人数为 1 507 万;MCI 患病率为 15.54%,患者数为 3 877 万^[2]。其中,遗忘型 MCI 的特征是患者的学习和记忆出现障碍。研究表明,在 30 个月的随访期内,近 50%的遗忘型 MCI 患者转为 AD^[3]。到目前为止,尚无任何药物被批准用于 MCI 治疗,而非药物治疗目前被寄予厚望。神经反馈是一种新兴的非侵入性神经调节技术,关于其治疗癫痫、注意力缺陷和多动障碍等疾病的研究目前较多^[4-5]。在 Surmeli 等^[6]的研究中,被诊断为 AD 或血管性痴呆的患者,接受使用定量脑电图引导的神经反馈训练后,其简易精神状态检查量表(Mini-Mental State Examination, MMSE)评分平均提高了 6 分,且这种获益与痴呆类型无关。

本研究所用的神经反馈训练工具“意念力蚂蚁”游戏,是基于动态脑电及行为控制基础上开发的设备,该系统通过智能康复游戏形式进行脑电训练。在本研究中,患者佩戴脑电监测装置,随着脑电变化,在游戏画面中,蚂蚁可进行相关动作变化,在这一过程中通过激活大脑皮层神经细胞,提高注意力,随着深入的游戏关卡不断加深脑电波的刺激程度。李昕等^[7]的研究发现,该游戏对 MCI 患者脑的整体认知功能具有明显改善效果,但该研究未对患者各认知域的改善效果进行评价。本研究拟观察神经反馈训练方法对认知功能障碍患者各认知域的治疗作用,以及对脑电复杂度的影响。

对象与方法

一、研究对象

选取 2018 年 8 月至 2019 年 2 月就诊于河北医科大学第一医院的认知功能障碍患者 49 例,其中男性 23 例(46.94%),女性 26 例(53.06%),平均年龄为(68.53±6.76)岁,平均身高为(164.31±8.86) cm,平均体重为(68.74±11.00) kg,受教育年限为(8.10±3.28)年(见表 1)。

表 1 患者基本资料

项目	认知障碍患者(n=49)			
	平均数	中位数	最小值	最大值
年龄(岁)	68.53(6.76)	71.00(9.00)	51	80
身高(mm)	164.31(8.86)	165.00(14.00)	140	180
体重(kg)	68.74(11.00)	70.00(15.00)	47	100
受教育年限(年)	8.10(3.28)	9.00(4.00)	2	17

入选者均符合以下所有条件。①年龄 40~80 周岁;②出现记忆力减退的轻、中度认知功能障碍(10≤MMSE≤26 分)的患者;③自愿参与试验研究,并由本人或委托人签署知情同意书。上述入选标准有任何一项不符合者则不能入选。

本研究的排除标准为存在以下任一情况者。①合并有心、肝、肾等严重原发性疾病患者;②患有严重精神性疾病者;③癫痫患者;④脑炎患者;⑤脑外伤患者;⑥酒精依赖或药物成瘾等可能引起认知障碍者;⑦妊娠期或哺乳期妇女;⑧对试验器械接触部件过敏者;⑨3 个月内参加其他临床研究的受试者;⑩不能或不愿提供知情同意或不能遵守试验要求者;⑪两周内使用同类医疗器械者;⑫2 周内调整过益智类药物者;⑬≥22 分;⑭汉密尔顿抑郁量表>24 分;⑮文盲;⑯因其他原因不适宜参加本次临床试验者。

二、方法

1. 资料采集:记录所有入组患者的基本资料,包括性别、年龄,受教育年限、身高、体重,是否合并有其他系统损伤以及患者日常服用药物的情况。由专业经过培训的人员进行 MMSE、蒙特利尔认知评估量表(Montreal Cognitive Assessment, MoCA)、阿尔茨海默病评定量表—认知量表(Alzheimer's Disease Assessment Scale-Cognitive section, ADAS-cog)、汉密尔顿抑郁量表、汉密尔顿焦虑量表评估。

2. 认知障碍判定:MMSE 认知障碍判定标准为,小学(受教育年限≤6 年)组≤22 分;中学或以上(受教育年限>6 年)组≤26 分。MoCA 认知障碍参考值:小学(受教育年限≤6 年)组≤19 分;中学或以上(受教育年限>6 年)组≤24 分。

3. 脑电生物反馈训练流程:应用由秦皇岛惠普安斯医学系统股份有限公司提供的 ADTS-100 记忆力障碍训练仪系统,提前植入“意念力蚂蚁”游戏(ADTS-100 系统),按照说明对患者开展训练,对入组患者进行 MMSE、MoCA、ADAS-cog 量表评估 5 d 后,进行连续 10 d 的记忆力障碍训练仪训练,每天训练 30 min。训练完成后,再次评估患者 MMSE、MoCA、ADAS-cog 评分。

4. 脑电图测量:利用脑电图仪,患者于安静、清醒、闭目状态下采集受试者训练 1 d、10 d 的脑电信号。按照国际标准导联 10-20 导联系统安放 16 导电极,采集时间为 8 min,采样率为 1 024 Hz,电极阻抗小于 5 kΩ,提取 FP1(左前额)、FP2(右前额)、T3(左侧颞叶)、T4(右侧颞叶)电极上波形后,由燕山大学电气工程学院对其进行脑电复杂度处理,用复杂度测量值均值的变化来反映患者的认知功能障碍改善情况,即比较训练后与训练前在均值(中

位数)改善上的差异其均值越高,代表分离性的神经元在进行不同处理任务或处在不同空间模式下对信息的整合性较高,神经元间信息交流越紧密。

5. 统计学处理:采用 SPSS 25.0 软件,比较认知功能障碍患者进行神经反馈障碍训练前、后,患者 MMSE、MoCA、ADAS-cog 各认知域评分的变化情况,当进行配对统计的评分符合正态性分布时,以 $\bar{x}\pm s$ 表示,进行前后对照时采用配对样本 t 检验的方法。当评分结果不符合正态性分布时,以中位数(四分位数间距)[M(OR)]表示,进行训练前、后自身对照比较时,采用相关样本 t 检验。

结 果

一、神经反馈对总体认知功能的影响

认知障碍患者在神经反馈训练前的 MMSE 总分、MoCA 总分、ADAS-cog 总分的平均值分别为 23.10、18.63 和 14.76 分;训练后分别为 26.06、21.88 和 12.15 分。认知障碍患者在进行神经反馈训练后,患者各量表的总评分均有明显改善($P<0.01$)(见表 2)。

二、神经反馈训练对不同认知域的影响

认知障碍患者在接受神经反馈训练 10 d 后,

表 2 训练前后各认知域得分比较(分)

量表	认知领域	认知功能障碍患者($n=49$)			
		训练前($\bar{x}\pm s$)	训练后($\bar{x}\pm s$)	t 值	P 值
MMSE	定向力	8.69±1.28	9.43±1.25	-4.335	<0.001
	即刻回忆	2.90±0.31	2.94±0.24	-1.000	0.322
	注意力和计算力	2.92±0.98	3.73±1.26	-6.157	<0.001
	回忆	1.55±0.77	2.16±0.80	-5.12	<0.001
	语言	7.04±1.27	7.80±1.08	-5.715	<0.001
MoCA	MMSE 总分	23.10±2.82	26.06±2.95	-17.163	<0.001
	视空间与执行功能	3.43±1.02	3.65±1.01	-1.909	0.062
	命名	2.29±0.71	2.49±0.65	-2.478	0.017
	注意	4.24±1.41	5.02±1.22	-5.093	<0.001
	语言	1.43±0.76	1.86±0.74	-3.795	<0.001
	抽象	0.80±0.76	1.02±0.80	-2.529	0.015
	延迟回忆	1.33±1.28	2.29±1.34	-6.221	<0.001
ADAS-cog	定向	5.12±1.01	5.55±0.87	-3.464	<0.001
	MoCA 总分	18.63±4.10	21.88±3.94	-11.098	<0.001
	单词回忆	4.35±1.11	3.93±1.30	3.891	<0.001
	命名	0.33±0.47	0.08±0.28	3.946	<0.001
	命令	1.29±0.71	1.37±0.83	-0.753	0.455
	结构性练习	0.53±0.50	0.35±0.52	2.438	0.019
	意向性练习	0.53±0.58	0.12±0.39	5.322	<0.001
	定向	0.94±0.94	0.47±0.868	3.892	<0.001
	单词辨认	2.33±1.675	1.59±1.338	5.183	<0.001
	回忆测验指令	1.12±0.949	1.04±0.87	1.000	0.322
	口语能力	0.63±0.76	0.61±0.70	0.573	0.569
	找词困难	0.51±0.79	0.53±0.77	-0.330	0.743
	语言理解力	0.94±0.78	0.90±0.71	0.531	0.598
注意力	1.27±0.73	1.06±0.83	1.400	0.168	
ADAS-cog 总分	14.76±5.30	12.15±5.15	16.056	<0.001	

其认知评估量表(MMSE、MoCA、ADAS-cog)在多数认知域(定向力、回忆、语言及注意力)上均有不同程度的改善,其中,训练前患者在MMSE回忆、MoCA延迟回忆以及ADAS回忆得分的平均值分别为1.55、1.33、4.35分;而接受10d的训练后,患者这3项得分平均值分别为2.16、2.29、3.93分,训练前、后的评分差异有统计学意义($P<0.01$)(见表2),提示认知训练可改善认知障碍患者的记忆力。

脑电生物反馈前MMSE、MoCA注意力部分的得分平均值分别为2.92、4.24分。接受10d的训练,患者MMSE、MoCA注意力部分的得分平均值分别为3.73、5.02分,入组患者训练前、后差异有统计学意义($P<0.01$)。训练后,患者注意力部分得分明显提高,而在患者进行ADAS-cog注意力部分测验时,训练前的得分平均值为1.27,训练后减低为1.06,训练前、后患者ADAS-cog注意力部分得分差异无统计学意义($P>0.05$)(见表2)。

三、训练前、后各电极脑电复杂度分析

患者接受脑电生物反馈训练前、后的脑电复杂度如表3所示。在训练第1天FP1、FP2、T3、T4电极复杂度的平均值分别为0.09、0.09、0.09、0.10,第10天为0.13、0.13、0.13、0.13。训练后,患者FP1、FP2、T3、T4电极的复杂度有不同程度增加,但只有复杂度FP1在训练后与训练前比较差异有统计学意义($P<0.05$),FP2、T3、T4电极在训练后与训练前比较差异均无统计学意义。

表3 脑电复杂度在训练前后的比较

导联	认知功能障碍患者(n=49)			
	第1天($\bar{x}\pm s$)	第10天($\bar{x}\pm s$)	秩和S	P值
FP1	0.09±0.02	0.13±0.02	-26.50	0.022 6
FP2	0.09±0.02	0.13±0.02	-183.50	0.067 4
F3	0.09±0.02	0.13±0.02	-144.50	0.152 6
F4	0.10±0.02	0.13±0.02	-92.50	0.362 9

讨 论

一、认知功能提高

认知障碍患者典型脑电图变化是节律的减慢,即低频段(θ 和 δ)功率的增加和高频段(α 和 β)功率的减低^[8-10],这种现象在左颞区和颞顶区尤为显著。有研究发现, θ 频带是AD病理进程中最早发生改变及最敏感的脑电图生物标志物^[11-12]。与正常老年人相比,AD患者的颞叶和顶枕叶 θ 频带功率更高,而顶枕叶 α 和额叶、颞叶 β 频带功率降低^[13]。同时,AD患者静息态脑电图节律的减慢并不是孤立存在

的,其能够反映患者大脑皮层灰质的萎缩程度及患者的认知功能^[14],即患者灰质的容积越小,则越容易伴随 δ 功率的增加及 α 功率的减低,则认知能力减退^[15]。

基于以上研究基础,推测基于脑电图的神经反馈将有助于改善认知障碍患者的记忆表现。Lavy团队的研究发现,神经反馈训练系统MCI患者的认知能力,尤其是记忆力^[16]。并且进一步研究还发现,与阴性对照组相比,使用基于脑电图的神经反馈系统,提高 α 波段的活动水平,可以使MCI患者的记忆成绩有显著改善,并且这一改善持续了至少1个月^[17]。与枯燥的反馈治疗相比,基于游戏的神经反馈训练系统能提高健康老年受试者和遗忘性MCI患者的认知能力,更便于推广^[18]。本研究使用的是基于游戏的脑电图神经反馈系统,趣味性强,患者更易接受,不受文化程度的影响,依从性高,不但有利于患者整体认知功能的改善,而且对患者记忆力、注意力改善更明显。同时,患者训练前、后的ADAS-cog注意力部分评分不存在统计学差异,可能是由于该量表注意力部分主观性强,缺乏量化造成的。

二、脑电复杂度提高

脑电图信号其实是一种有不同神经来源(振荡)相互作用产生的不稳定、非线性的复杂信号^[19]。理论上,脑电信号的复杂性越高,分离性的神经元在进行不同处理任务或处在不同空间模式下对信息的整合性较高,复杂性降低反映分离性的神经元信息交流减低。有多项研究证实,AD及MCI患者均存在脑电图复杂度降低,说明患者的认知功能的减退可能与神经元之间信息交流的减少有关^[20-21]。本研究通过基于脑电图的神经反馈训练,发现患者左侧前额区的脑电复杂度有所提高,左前额是与认知相关的优势半球,可能反映在进行基于脑电图的神经反馈训练时左前颞叶神经元间信息交流的增加,患者的认知功能得到了改善。因此,本研究予认知障碍患者进行基于游戏的神经反馈训练,增加其左前颞叶神经元信息交流,进而改善了患者的认知功能。

本研究的主要局限性在于样本量较小,在探究脑电神经反馈训练对患者认知功能的改善方面,需要有更多大样本以及长期性的随访研究来提高该假设的说服力。此外,由于本研究未对认知障碍患者的严重程度(痴呆类型更为受到关注)进行分级,所以无法进一步探究脑神经反馈训练对不同程度认知障碍患者认知症状的改善效果进行比较。

[参考文献]

- [1] 中国痴呆与认知障碍指南写作组, 中国医师协会神经内科医师分会认知障碍疾病专业委员会. 2018 中国痴呆与认知障碍诊治指南(一): 痴呆及其分类诊断标准[J]. 中华医学杂志, 2018, 98(13): 965-970.
- Chinese dementia and cognitive impairment guideline writing group, Committee of cognitive impairment neurologist branch of Chinese Medical Association. 2018 Chinese guidelines for the diagnosis and treatment of dementia and cognitive impairment (I): dementia and its classification and diagnostic criteria [J]. Chin J Med, 2018, 98(13): 965-970.
- [2] Jia L, Du Y, Chu L, et al. Prevalence, risk factors, and management of dementia and mild cognitive impairment in adults aged 60 years or older in China: a cross-sectional study[J]. Lancet Public Health. 2020 Dec;5(12): e661-e671.
- [3] Brenner EK, Hampstead BM, Grossner EC, et al. Diminished neural network dynamics in amnesic mild cognitive impairment[J]. Int J Psychophysiol, 2018, 130: 63-72.
- [4] Tan G, Thornby J, Hammond DC, et al. Meta-analysis of EEG biofeedback in treating epilepsy[J]. Clin EEG Neurosci, 2009, 40(3): 173-179.
- [5] Sonuga-Barke EJ, Brandeis D, Cortese S, et al. Nonpharmacological interventions for ADHD: systematic review and meta-analyses of randomized controlled trials of dietary and psychological treatments[J]. Am J Psychiatry, 2013, 170(3): 275-289.
- [6] Surmeli T, Eralp E, Mustafazade I, et al. Quantitative EEG Neurometric Analysis-Guided Neurofeedback Treatment in Dementia: 20 Cases. How Neurometric Analysis Is Important for the Treatment of Dementia and as a Biomarker?[J]. Clin EEG Neurosci, 2016, 47(2): 118-133.
- [7] 李昕, 张洁, 史春燕. 意念力游戏训练改善脑认知功能状态研究[J]. 生物医学工程学杂志, 2019, 36(3): 364-370, 378.
- Li X, Zhang J, Shi C Y. Study on the improvement of brain cognitive function by mental game training [J]. J Biomed Eng, 2019, 36(3): 364-370, 378.
- [8] Gallego-Jutglà E, Solé-Casals J, Vialatte FB, et al. A theta-band EEG based index for early diagnosis of Alzheimer's disease[J]. J Alzheimers Dis, 2015, 43(4): 1175-1184.
- [9] Babiloni C, Lizio R, Del Percio C, et al. Cortical sources of resting state EEG rhythms are sensitive to the progression of early stage Alzheimer's disease[J]. J Alzheimers Dis, 2013, 34(4): 1015-1035.
- [10] Höller Y, Bathke AC, Uhl A, et al. Combining SPECT and Quantitative EEG Analysis for the Automated Differential Diagnosis of Disorders with Amnesic Symptoms [J]. Front Aging Neurosci, 2017, 9: 290.
- [11] Cecchetti G, Agosta F, Basaia S, et al. Resting-state electroencephalographic biomarkers of Alzheimer's disease[J]. Neuroimage Clin, 2021, 31: 102711.
- [12] Musaeus CS, Engedal K, Høgh P, et al. EEG Theta Power Is an Early Marker of Cognitive Decline in Dementia due to Alzheimer's Disease[J]. J Alzheimers Dis, 2018, 64(4): 1359-1371.
- [13] Roh JH, Park MH, Ko D, et al. Region and frequency specific changes of spectral power in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment[J]. Clin Neurophysiol, 2011, 122(11): 2169-2176.
- [14] Babiloni C, Carducci F, Lizio R, et al. Resting state cortical electroencephalographic rhythms are related to gray matter volume in subjects with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease[J]. Hum Brain Mapp, 2013, 34(6): 1427-1446.
- [15] Babiloni C, Blinowska K, Bonanni L, et al. What electrophysiology tells us about Alzheimer's disease: a window into the synchronization and connectivity of brain neurons[J]. Neurobiol Aging, 2020, 85: 58-73.
- [16] Lavy Y, Dwolatzky T, Kaplan Z, et al. Neurofeedback Improves Memory and Peak Alpha Frequency in Individuals with Mild Cognitive Impairment[J]. Appl Psychophysiol Biofeedback, 2019, 44(1): 41-49.
- [17] Lavy Y, Dwolatzky T, Kaplan Z, et al. Mild Cognitive Impairment and Neurofeedback: A Randomized Controlled Trial[J]. Front Aging Neurosci, 2021, 13: 657646.
- [18] Jirayucharoensak S, Israsena P, Pan-Ngum S, et al. A game-based neurofeedback training system to enhance cognitive performance in healthy elderly subjects and in patients with amnesic mild cognitive impairment[J]. Clin Interv Aging, 2019, 14: 347-360.
- [19] Mahato S, Paul S. Detection of major depressive disorder using linear and non-linear features from EEG signals[J]. Microsystem Technologies, 2019: 1065-1076.
- [20] Dauwels J, Srinivasan K, Ramasubba Reddy M, et al. Slowing and Loss of Complexity in Alzheimer's EEG: Two Sides of the Same Coin?[J]. Int J Alzheimers Dis, 2011, 2011: 539621.
- [21] 祝本菊, 陈旭. 轻度认知功能障碍患者的脑电复杂度分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2017, 19(11): 1129-1132.
- Zhu B J, Chen X. Analysis of EEG complexity in patients with mild cognitive impairment[J]. Chin J Geriatr Cardiovasc Cerebrovasc Dis, 2017, 19(11): 1129-1132.

(收稿日期: 2022-02-09)

(本文编辑: 褚敬申)