

·临床研究·

工作记忆训练对脑损伤患者认知功能的迁移效应*

薛翠萍^{1,3} 恽晓平² 张黎明^{1,3} 赵茹莲^{1,3} 薛翠红⁴ 刘爱贤^{1,3,5}

摘要

目的:探讨工作记忆训练对脑损伤患者日常生活记忆、思维能力、注意力等认知功能的迁移效应。

方法:将28例患有工作记忆障碍的脑损伤患者随机分为训练组($n=14$)和对照组($n=14$)。训练组患者参与4周的工作记忆训练,训练内容采用“工作记忆训练系统”。对照组患者未进行认知康复训练。两组患者训练前后均进行数字/空间记忆广度测试、n-back测试、威斯康星卡片分类测试、瑞文推理测试、选择反应时测验、Stroop测验、Rivermead行为记忆测试第3版等进行训练疗效及转移效应评定。分别比较两组患者训练前后差值,并对工作记忆与日常生活记忆、思维、注意等能力进行相关分析。

结果:①训练组在所有的测试项目中较训练前均有提高($P<0.05$);对照组只有数字正背较训练前有提高;②在Rivermead行为记忆测试第3版中训练后成绩训练组较对照组有明显提高($P<0.05$);③在威斯康星卡片分类测验及瑞文推理测验中训练组较对照组均有提高($P<0.05$);④在Stroop测验、选择反应时测验中训练组和对照组在训练前后均无明显差异;⑤工作记忆成绩训练前后差值与威斯康星卡片分类测验总应答数、RBMT量表分及记忆指数、瑞文推理测验得分存在相关关系,相关系数为 $-0.419\sim-0.650$,有显著性意义($P<0.05$);但工作记忆与选择反应时、Stroop测验相关系数范围为 $-0.002\sim-0.258$ ($P>0.05$)。

结论:工作记忆强化训练疗效可以向日常生活记忆抽象思维推理能力迁移,提高患者日常生活记忆水平思维概括能力,但向注意力迁移作用不确切。

关键词 工作记忆训练;脑损伤;迁移效应;认知功能

中图分类号:R651,R493 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2022)-05-0630-06

Transfer effect of working memory training on cognitive function in patients with brain injury/XUE Cui-ping, YUN Xiaoping, ZHANG Liming, et al./Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2022, 37(5): 630—635

Abstract

Objective: To explore the effect of working memory training on mental ability, daily life memory and attention in patients with brain injury.

Method: Totally 28 patients with working memory impairment were randomly divided into training group ($n=14$) and control group ($n=14$). The patients in the training group participated in working memory training for 4 weeks, and the training content was "working memory training system". The patients in the control group did not receive cognitive rehabilitation training. Before and after the training, the patients in the two groups were tested with digit/spatial memory span test, n-back test, Wisconsin card classification test, raven reasoning test, attention selection test, Stroop and Rivermead behavioral memory test 3rd Edition test to evaluate the training effect and transfer effect. The differences between the two groups before and after training were compared, and the correlation between working memory, thinking, attention and other abilities was analyzed.

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2022.05.010

*基金项目:首都医科大学附属北京康复医院健康管理专项科研项目(2018-009);首都医科大学附属北京康复医院培养项目(2018-021);国家自然科学基金项目(81272165)

1 首都医科大学附属北京康复医院,北京市,100144; 2 中国康复研究中心北京博爱医院康复评定科; 3 首都医科大学康复医学院; 4 衡水市第二人民医院; 5 通讯作者

第一作者简介:薛翠萍,女,硕士,主治医师;收稿日期:2020-12-02

Result: First, in the training group, all test items were all improved ($P<0.05$), in the control group, only digit back was improved. Second, in the third version of Rivermead behavioral memory test, the performance of the training group was significantly improved ($P<0.05$). Third, in the reasoning thinking test, Wisconsin card classification test the training group improved more than the control group. Fourth, there was no difference between two groups in the Stroop test and the attention test in the selective reaction time. Fifth, there was a correlation between the improvement of working memory and the total response of Wisconsin card classification test, RB-MT scale score, memory index and raven reasoning test score. The correlation coefficient was between -0.595 and 0.650 , which was statistically significant ($P<0.05$), but the correlation coefficients of working memory and attention reaction time, Stroop test were between -0.002 and 0.258 ($P>0.05$).

Conclusion: The effect of working memory intensive training can be migrated to daily life memory the abstract thinking and reasoning ability, and improve the generalization ability of the patients, but the effect on attention is not exact.

Author's address Beijing Rehabilitation Hospital of Capital Medical University, Beijing, 100144

Key word working memory training; brain injury; transfer effect; cognitive function

工作记忆(working memory, WM)是最早由英国心理学家Baddeley和Hitch于1974年提出,并于2000年进行补充完善的概念,是一个对信息进行暂时性加工储存的能量有限的系统,包括语音回路、视空间模板、中央执行系统和情景缓冲器组成^[1],脑损伤、老龄化、帕金森病、精神分裂症、注意力缺陷多动障碍等均会造成工作记忆障碍^[2-4]。有些研究表明工作记忆能力可以通过训练得到提高,而且工作记忆训练成果可以向其他认知能力迁移,如执行功能^[5]、问题解决能力^[6]、其他记忆能力^[7]。但是也有meta分析认为工作记忆训练不能提高其他认知能力^[8]。因此,工作记忆训练是否具有迁移效应,结论不一致,且国外工作记忆训练迁移效应的研究针对正常成人、儿童、帕金森病患者居多,国内尚无针对脑损伤患者工作记忆训练迁移效应的报道。本文旨在探讨工作记忆训练对脑损伤患者认知功能的迁移效应,探索认知康复新疗法及其有效性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

2017年11月—2019年1月,在首都医科大学附属北京康复医院、中国康复研究中心住院及门诊康复的脑损伤患者。

入选标准:①年龄18—65岁,小学文化程度及以上;②头颅CT或MRI证实脑损伤,首次发病,病程>1个月,患者生命体征平稳、意识清楚,能听从且理解指令;③记忆广度测试为数字/空间顺背≤5个和/或倒背≤4个,诊断为工作记忆障碍;④蒙特利尔认知评估量表(Montreal cognitive assessment, MoCA)评分>10分;⑤对本研究知情同意并签署知情同意书。

排除标准:①言语功能筛查无法完成两步指令,口语或书面语表达有严重障碍;②有精神疾病史;③伴严重单侧忽略、左右失认等;④正在服用损害记忆的相关药物。

共入选32例,其中2例中途出院,2例因病情加重退出,实际完成研究共28例。其中,脑外伤12例,脑出血8例,脑梗死8例,按照随机数字表法随机分为试验组和对照组。其中试验组14例,对照组14例。两组年龄、性别、受教育年限等一般资料经统计学分析无显著性差异。见表1。

1.2 训练方法

两组患者均根据病情安排运动疗法、作业疗法、高压氧、针灸、言语康复等康复内容。训练组采用中国康复研究中心康复评定科研发的“工作记忆训练系统”进行训练,主要从视空间工作记忆和言语工作

表1 两组患者一般资料比较

组别	例数	性别(例)		年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁)	受教育年限 ($\bar{x}\pm s$, 年)	发病时间 ($\bar{x}\pm s$, 月)	病因(例)		
		男	女				脑外伤	脑出血	脑梗死
试验组	14	12	2	41.6±11.4	13±2	5.8±5	6	4	4
对照组	14	11	3	44.6±10.2	11±4	5.5±5	5	5	4

记忆两方面进行训练。训练范式采用n-back模式,每个刺激呈现时间为1000ms,根据患者病情选择刺激间隔时间,刺激间隔1000—4000ms不等,若刺激间隔时间达1000ms后患者正确率可达80%,则改变刺激间隔和n-back中n的取值,按照从0-back→1-back→2-back→3-back的顺序进行调整训练难度。30min/次,2次/天,5天/周,共4周。对照组在4周研究周期结束后再进行相应认知障碍康复训练,符合医学伦理。

疗效观察指标:

①数字工作记忆:判断受试者言语工作记忆广度。测试包括数字顺背和倒背,如果某一数字广度有错误便进行同一数字广度的第二次测试,两次测试均失败则测试自动停止。数字呈现速度为1s/字。记录正确记忆数字个数。

②视空间工作记忆:判断受试者空间工作记忆广度。4×4的矩阵中,每隔1s出现一个方形,被试逐个回忆方形出现的位置,包括顺背和倒背,同一数目方形位置指认错误两次则测试停止。记录正确记忆方块个数。

③n-back测试^[9]:通过设计n的不同来改变工作记忆负荷的大小,可了解受试者在不同负荷下言语、空间工作记忆广度。要求被试分别对0-back、1-back、2-back三种任务难度的测试进行反应,测试内容包括记忆方块位置及汉字两种,即分别比较当前刺激与第一个刺激(0-back)、与相邻刺激(1-back)、与相隔一个(2-back)的刺激进行比较。刺激呈现时间为1000ms,刺激间隔时间为1500ms,两个刺激相同则按鼠标左键,不同则按鼠标右键。记录正确判断记忆个数。

④Rivermead行为记忆测试第3版(the Rivermead behavioural memory test, RBMT-III)^[10]:了解受试者日常生活中的记忆能力,训练前后对比了解患者工作记忆训练对日常生活记忆能力的影响。检查内容包括记姓名、记所藏物件、记住约定、故事情节记忆、图片再认、路线即时记忆、面孔再认、路线延时记忆、信封放置、时间与地点定向、技能学习,共14项。将14项分测验所得的原始分按年龄查表分别换算成各项的量表分,再将14项量表分之和查表换算成记忆指数(general memory index, GMI)。

量表分依各年龄段不同满分及最差成绩各不同:75—89岁满分最高分为194分,最差成绩为36分;25—34岁满分最高为174分,最差成绩为36分,其他年龄段成绩在上述两年龄段成绩之间。GMI的均数为100,标准差为15。记录量表分及记忆指数。

⑤威斯康星卡片分类测试(Wisconsin card sorting test, WCST):用以了解患者抽象思维能力,前后对比观察工作记忆训练是否对抽象思维能力产生影响。首先在屏幕上(选择区)出现1个红三角,2个绿五角星,3个黄圆形和4个蓝十字的4张卡片(刺激卡)。然后要求被试者根据这4张卡片对128张卡片(反应卡)进行分类,反应卡片按照颜色(红、绿、黄、蓝)、形状(三角形、五角星形、十字形、圆形)和图形数量(1、2、3、4)的不同而绘制,分类的顺序是按数量、形状、颜色依次进行。记录总应答数。

⑥瑞文标准推理测验:每张屏幕上方将呈现缺少一部分的大图,被试通过观察屏幕上方大图的规律,从下方8个小图中选择出大图所缺少的图形。目的:了解患者推理能力,训练前后对比观察工作记忆训练对推理能力的影响。记录正确推理个数。

⑦选择反应时测验:用以观察工作记忆训练是否对注意反应速度产生影响。被试按照要求对屏幕中出现的刺激尽快做出反应。要求患者看到白色圆形时尽快按<←>,看到绿色的圆形时尽快按<→>。记录反应时间。

⑧Stroop测验:选择性注意经典测验,用以观察工作记忆训练是否对注意的选择产生影响。向被试者呈现红色及蓝色的汉字及方块图,要求患者对红色的方块、汉字及蓝色的方块、汉字做出不同的反应,即红色的汉字或方块按鼠标左键,蓝色的汉字或方块按鼠标右键。记录正确判断个数。

分别在患者治疗前、治疗4周后各评定1次。由相同的康复医师行康复评定,此医师对患者的治疗方案不知情。

1.3 统计学分析

采用SPSS 22.0统计软件包进行数据处理,数据均经正态性检验,用均数±标准差表示。组内比较采用配对t检验,组间比较采用两独立样本t检验。数据间的相关分析采用Pearson相关系数。为排除第三因素对相关分析结果的影响,对数据进行

偏相关分析。显著性水平 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

两组患者训练前成绩相比无显著性差异($P>0.05$)。

2.1 工作记忆成绩

经过4周工作记忆训练与训练前成绩相比,训练组成绩在n-back空间/汉字记忆、数字正/倒背、空间正/倒背项目中均有明显提高($P<0.05$)。对照组只有在数字正背项目中有明显提高($P<0.05$),两组患者训练前后成绩对比见表2。

2.2 Rivermead行为记忆测验第3版(RBMT-III)

表2 训练4周后两组患者训练前后工作记忆成绩比较

($\bar{x}\pm s$,个)

项目	对照组(n=14)				训练组(n=14)			
	训练前	训练后	t值	P值	训练前	训练后	t值	P值
空间倒背	3.61±0.96	4.15±1.07	-1.354	0.176	3.40±0.97	4.80±0.63	-2.762	0.006
空间正背	3.92±21.44	34.85±1.52	-2.009	0.068	3.92±0.90	5.33±1.07	-3.002	0.003
数字倒背	3.75±1.21	3.91±1.24	-0.486	0.627	3.92±1.08	5.00±0.95	-2.887	0.004
数字正背	5.54±1.27	6.62±1.12	-2.547	0.011	5.67±1.87	6.50±1.73	-2.803	0.017
0-back汉字	16.15±2.97	17.69±3.22	-1.810	0.070	16.67±2.67	19.58±0.67	-2.675	0.017
0-back空间	16.54±3.38	16.85±2.91	-0.368	0.719	14.33±2.77	18.58±2.27	-2.686	0.007
1-back汉字	15.31±3.40	14.6±5.06	0.691	0.503	16±2.30	19.42±0.67	-2.940	0.003
1-back空间	12.46±3.45	13.85±3.96	-1.380	0.193	14.67±3.55	18.92±1.16	-2.946	0.003
2-back汉字	13.08±2.93	14.08±3.43	-1.493	0.161	12.58±3.18	17.92±2.23	-3.068	0.002
2-back空间	11.23±2.45	12.00±3.14	-0.842	0.416	10.67±2.77	17.08±3.12	-5.201	0.000

对两组患者训练前后对比采用配对样本t检验,结果表明两组患者4周后Rivermead行为记忆测验成绩较初评均有提高($P<0.05$)。为排除重复测试的影响,对两组患者训练前后成绩差值进行两独立样本t检验,结果显示训练组较对照组成绩有明显提高(RBMT量表分: $t=-2.583$, $P=0.017$,RBMT记忆指数: $t=-3.115$, $P=0.005$)。两组患者训练前后成绩比较见表3,两组间训练前后差值比较见表4。

2.3 其他认知能力

与训练前成绩相比,训练组WCST、总应答数、瑞文推理测验成绩提高有显著性意义($P<0.05-0.01$),但是在Stroop测验、选择反应时测验中差异无显著性意义($P>0.05$),对照组在以上测试中4周前后对比均无明显变化($P>0.05$)。见表5。

2.4 工作记忆与其他测试成绩相关性分析

对工作记忆训练后成绩分别与以下成绩进行相关分析。工作记忆成绩为数字正/倒背、空间正/背、n-back汉字/空间记忆成绩相加之和。

研究发现思维推理、注意等会受年龄及教育年限影响,因此为排除年龄及教育程度对相关关系分析结果的影响,对数据进行偏相关分析,见表6。数据显示工作记忆成绩训练前后差值与威斯康星卡片分类测验总应答数、RBMT量表分及记忆指数得分存在相关关系,相关系数在-0.419至0.650之间,有

显著性意义($P<0.05$);但工作记忆与注意反应时、Stroop测验相关系数范围在-0.002至0.258之间($P>0.05$),相关性较弱。

3 讨论

3.1 工作记忆康复训练的方法及有效性

工作记忆训练内容分为三种:①单一形式的工作记忆训练(如仅使用n-back任务^[11]),这种训练方法的优点是有针对性的对工作记忆进行训练,但是由于训练形式单一,容易使受试者依从性及兴趣降低。②更广泛记忆形式的训练系统,特别是目前许多康复医院所用的“Cogmed”训练系统^[12]以及“Cog-

表3 训练4周后两组患者训练前后Rivermead行为记忆测验第3版(RBMT-III)成绩比较 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	训练前	4周后	t值	P值
对照组(n=14)				
量表分	75.58±29.21	90.08±19.95	-3.074	0.011
记忆指数	63.58±8.97	67.00±8.68	-2.317	0.041
训练组(n=14)				
量表分	64.25±25.04	96.08±34.32	-6.676	0.000
记忆指数	59.58±7.10	74.17±16.55	-3.061	0.002

表4 训练4周后两组患者训练前后Rivermead行为记忆测验第3版(RBMT-III)差值比较 ($\bar{x}\pm s$,分)

组别	对照组(n=14)	训练组(n=14)	t值	P值
量表分	14.50±16.34	31.92±16.69	-2.583	0.017
记忆指数	3.42±5.11	14.58±11.32	-3.115	0.005

表5 训练4周后两组患者训练前后其他认知能力测试成绩比较 (x±s)

项目	对照组(n=14)				训练组(n=14)			
	训练前	训练后	t值	P值	训练前	训练后	t值	P值
WCST总应答数(个)	110.92±23.67	117.31±19.74	-1.292	0.219	121.33±11.65	96.83±23.30	6.111	0.000
瑞文推理正确数(个)	17.73±4.12	18.00±6.10	0.256	0.802	13.27±3.85	23.82±4.02	9.280	0.005
选择反应时(s)	91.43±9.12	89.68±7.23	1.360	0.197	93.19±7.45	91.32±5.42	2.055	0.067
Stroop测验(个)	111.69±13.74	110.54±25.81	0.993	0.339	101.50±22.34	115.67±8.52	2.198	0.050

表6 工作记忆与其他测试训练前后成绩差值偏相关分析相关系数

项目	r值	P值
WCST总应答数(个)	-0.419	0.042
RBMT量表分(分)	0.586	0.003
RBMT记忆指数(分)	0.650	0.001
瑞文推理正确数(个)	0.534	0.002
反应时(s)	-0.002	0.992
Stroop测验(个)	0.258	0.223

niFit”训练系统^[13],其中“Cogmed”训练系统应用更加广泛。该类训练系统同时包含了短时记忆及工作记忆训练内容,使训练形式多样化,能够增加受试者的训练积极性。③多因素内容的训练,即既包括工作记忆训练内容又包括其相关能力的内容(执行功能、情节记忆、加工速度等)。

本研究欲探索工作记忆训练是否对思维推理能力、注意力等产生迁移效应,因此未采用多因素内容训练方式。采用了以n-back模式为主要训练要素,结合图片配对、连线成图、小鸟定位等内容。避免了单一形式工作记忆训练引起患者依从性及兴趣降低,充分丰富训练形式,充分提高患者训练积极性。本研究表明工作记忆训练可以显著提高患者工作记忆能力。

3.2 工作记忆康复训练与改善其他认知功能关系

工作记忆可以作为一般认知资源的一个领域,在许多看似不同的认知领域中进行调节^[14],且两种认知功能具有共同的神经加工过程即工作记忆与推理思维能力共同拥有中央执行系统执行功能可能是工作记忆训练迁移效应的基础。Oberauer等^[15]对86项相关的研究进行回顾性分析显示:工作记忆与推理思维能力之间的相关可达到0.86,并认为工作记忆是推理思维能力强有力的预测指标。赵雷等人^[16]采用双任务实验范式,研究工作记忆成分在推理思维能力中的作用。结果证明,在推理的加工阶段,中央执行系统和视空间模板发挥着关键作用,语音环

路没有参加;而在结论的推理阶段,工作记忆的三个成分均发挥了作用。由此可以推断,随着工作记忆能力提高,推理思维能力也随之提高。

从神经可塑性角度考虑,工作记忆训练可以改变大脑结构及激活方式,可以从另一个角度解释工作记忆训练迁移效应。如陈正威等^[17]发现脑卒中患者经过4周工作记忆训练可以显著改善大脑异常激活模式,并可以对大脑激活网络进行重组,从而使受损的工作记忆脑区激活增强,未受损脑区激活减弱。刘春雷等^[18]发现工作记忆训练减少了大脑灰质的数量,增强了大脑白质的功能连通性;工作记忆训练引起尾状核上多巴胺受体的变化。Stephan Heinzel等^[9]研究60—72岁老年人工作记忆训练迁移效应,发现经过12次n-back工作记忆训练可以提高双侧背外侧前额叶加工效率,从而训练产生迁移效应。

如果训练任务和转移任务共享特定的加工成分,而这些成分被认为是在同一个大脑区域加工的,那么转移效应就会发生。本研究证实工作记忆训练成果可以向推理思维能力迁移,由于n-back模式的训练与WCST内容拥有共同的认知加工过程即中央执行系统的执行功能,因此,虽仅进行工作记忆强化训练,仍可见WCST改善。进一步偏相关分析显示工作记忆改善与WCST中总应答数呈显著性负相关(P=0.042),即患者需要较少尝试就可完成相应分类、发现规律,进行推理概括,并较容易完成类别概括。

注意是记忆的基础,也是一切意识活动的基础。注意与工作记忆共享有部分相同的神经基础,两者具有紧密的联系,二者都受大脑前额叶皮质和基底核的活动性影响。以往多项工作记忆训练研究均针对注意力缺陷多动障碍患儿,研究表明该类患儿在注意力缺陷的同时工作记忆水平也明显下降,并且经过工作记忆训练可以改善患儿注意力不集中

的程度^[3,19]也有研究没有发现训练疗效可以向注意力迁移的证据^[20]。因此以往研究对工作记忆训练疗效能否向注意力方面迁移尚无统一结论。在本研究中研究成果亦未获得工作记忆改善可向注意迁移的证据,考虑与选取测试内容有关。本研究未测试注意广度、注意转移、注意分配等注意维度,且对于脑损伤患者而言注意转移、注意分配测试较反应时难度要高一些,所以无法全面评估患者注意力变化情况。在今后的研究中需全面评估注意力,从而确定工作记忆训练是否对患者的注意力产生迁移效应。

本研究发现经过训练后训练组 RBMT 总成绩提高较对照组有明显提高,说明患者工作记忆水平提高,可以掌握记忆刷新、存储、加工等策略,工作记忆能力提高可以迁移至日常生活记忆方面,从而使患者在日常生活能力方面有明显提高,与 Stephens JA 等^[21]的研究结果一致,即工作记忆训练可以提高患者日常生活活动能力,能够加速患者回归家庭,回归社会的进程。

4 结论

工作记忆强化训练可以提高脑损伤患者工作记忆水平;训练疗效可以向日常生活记忆、抽象思维推理能力迁移,提高患者思维概括能力及日常生活记忆水平,但向注意力迁移作用不确切,今后需扩大样本量,完善注意力评估方法,增加脑电图、近红外脑功能成像等评估手段,进一步研究工作记忆训练的迁移效应及机制。但本研究为脑外伤、脑梗死、脑出血等脑损伤患者建立了有效的工作记忆康复训练方法,可在认知康复中推广。

参考文献

- [1] Bjorkdahl A, Akerlund E, Svensson S, et al. A randomized study of computerized working memory training and effects on functioning in everyday life for patients with brain injury[J]. *Brain Inj*, 2013,27(13-14):1658—1665.
- [2] Flak MM, Hol HR, Hernes SS, et al. Adaptive computerized working memory training in patients with mild cognitive impairment. A randomized double-blind active controlled trial[J]. *Front Psychol*, 2019(10):807.
- [3] Jaquero ME, Mesrobian SK, Villa A, et al. Early Attentional modulation by working memory training in young adult ADHD patients during a Risky decision-making task[J]. *Brain Sci*, 2020,10(1):38—57.
- [4] Giehl K, Ophey A, Reker P, et al. Effects of home-based working memory training on visuo-spatial working memory in Parkinson's disease: A randomized controlled trial[J]. *J Cent Nerv Syst Dis*, 2020,(12):593241267.
- [5] Weng W, Liang J, Xue J, et al. The transfer effects of cognitive training on working memory among chinese older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial[J]. *Front Aging Neurosci*, 2019(11):212.
- [6] Chan S, Mueller U, Masson M. Far-Transfer Effects of Strategy-Based Working Memory Training[J]. *Front Psychol*, 2019(10):1285.
- [7] Waris O, Soveri A, Laine M. Transfer after working memory updating training[J]. *PLoS One*, 2015,10(9):e138734.
- [8] Melby-Lervag M, Redick TS, Hulme C. Working memory training does not improve performance on measures of intelligence or other measures of "far transfer": evidence from a meta-analytic review[J]. *Perspect Psychol Sci*, 2016,11(4):512—534.
- [9] Heinzl S, Rimpel J, Stelzel C, et al. Transfer effects to a multimodal dual-task after working memory training and associated neural correlates in older adults - A pilot study[J]. *Front Hum Neurosci*, 2017,11:85.
- [10] 刘晶京, 恽晓平. Rivermead 行为记忆量表-III 的汉化版研究[C]. 中华医学会第十五次全国物理医学与康复学学术会议, 中国江西南昌, 2014.
- [11] Blacker KJ, Negoita S, Ewen JB, et al. N-back versus Complex Span Working Memory Training[J]. *J Cogn Enhanc*, 2017,1(4):434—454.
- [12] Marcelle ET, Ho EJ, Kaplan MS, et al. Cogmed working memory training presents unique implementation challenges in adults with ADHD[J]. *Front Psychiatry*, 2018(9):388.
- [13] Takeuchi H, Sekiguchi A, Taki Y, et al. Training of working memory impacts structural connectivity[J]. *J Neurosci*, 2010,30(9):3297—3303.
- [14] Richmond LL, Morrison AB, Chein JM, et al. Working memory training and transfer in older adults[J]. *Psychol Aging*, 2011,26(4):813—822.
- [15] Oberauer K, Schulze R, Wilhelm O, et al. Working memory and intelligence--their correlation and their relation: comment on Ackerman, Beier, and Boyle (2005)[J]. *Psychol Bull*, 2005,131(1):61—65, 72—75.
- [16] 赵雷, 周治金, 刘昌. 工作记忆成分在传递性推理中的作用[J]. *心理科学*, 2006(5):1058—1062.
- [17] 陈正威, 张璞, 恽晓平. 工作记忆训练对脑卒中患者大脑功能激活的影响[J]. *中国康复理论与实践*, 2015,21(8):929—933.
- [18] 刘春雷, 周仁来. 工作记忆训练对认知功能和大脑神经系统的影响[J]. *心理科学进展*, 2012,20(7):1003—1011.
- [19] Kofler MJ, Sarver DE, Austin KE, et al. Can working memory training work for ADHD? Development of central executive training and comparison with behavioral parent training[J]. *J Consult Clin Psychol*, 2018,86(12):964—979.
- [20] van der Donk M, Hiemstra-Beernink AC, Tjeenk-Kalff A, et al. Cognitive training for children with ADHD: a randomized controlled trial of cogmed working memory training and 'paying attention in class'[J]. *Front Psychol*, 2015(6):1081.
- [21] Stephens JA, Berryhill ME. Older adults improve on everyday tasks after working memory training and neurostimulation[J]. *Brain Stimul*, 2016,9(4):553—559.