

# 高低音频转换训练对乳腺癌化疗患者认知及记忆功能的影响\*

高俊<sup>1</sup> 杨芳<sup>1</sup> 陈长香<sup>1,2</sup>

## 摘要

**目的:**观察音频转换训练对乳腺癌化疗患者记忆功能的影响。

**方法:**收集2016年10月—2017年9月唐山市人民医院乳腺癌化疗且存在认知及记忆功能障碍的患者120例,随机分为空白对照组(n=40)、对照组(n=40)和试验组(n=40)。空白对照组给予乳腺癌化疗常规护理,对照组在空白对照组基础上采用普通音乐训练,试验组在空白对照组基础上采用高低音频转换训练。干预前、后分别对三组患者进行蒙特利尔认知功能评估量表(MoCA)中文版及Rivermead行为记忆测验第2版(Rivermead behavioral memory test-second edition, RBMT-II)的测评。

**结果:**干预后,试验组蒙特利尔总分较干预前显著提高,均高于对照组和空白对照组,差异有显著性意义( $P<0.05$ );试验组、对照组RBMT-II总分较干预前均有提高,空白对照组RBMT-II总分较干预前显著下降,且干预后试验组记忆患者12项RBMT-II总分均高于对照组和空白对照组,差异有显著性意义( $P<0.05$ )。

**结论:**音频转换训练可以有效改善乳腺癌化疗患者的认知及记忆功能,且简便易行,值得推广应用。

**关键词** 高低音频转换训练;乳腺癌化疗患者;认知功能障碍;记忆障碍

中图分类号:R493,R737.9 文献标识码:A 文章编号:1001-1242(2018)-07-0789-05

**Effects of audio training on cognition and memory function of patients with breast cancer after chemotherapy/GAO Jun,YANG Fang,CHEN Changxiang//Chinese Journal of Rehabilitation Medicine, 2018, 33 (7): 789—793**

## Abstract

**Objective:** To explore the effect of audio training on memory function of patients with breast cancer after chemotherapy.

**Method:** A total of 120 memory disorders patients with breast cancer after chemotherapy were recruited from the People's Hospital of Tangshan from October 2016 to September 2017. The patients were divided into experiment group(n=40),control group (n=40) and blank control group(n=40) by random table method.The blank control group was given the routine nursing during chemotherapy,control group received music training with conventional frequency based on the routine nursing during chemotherapy,and experiment group received TOMA-TIS audio training. All the patients were assessed with MoCA and Rivermead behavioral memory test second edition(RBMT-II) before and after intervention.

**Result:** The total score of MoCA after intervention in experiment group is higher than the control group and the blank group( $P<0.05$ ). After intervention, the total score of RBMT-II in experiment group and the control group was higher than before,while the total score of the blank control group was lower than before.The total score of experiment group is the highest in the three group( $P<0.05$ ).

DOI:10.3969/j.issn.1001-1242.2018.07.007

\*基金项目:河北省科技支撑项目(13277748D);河北省卫计委科研基金项目(20170197)

1 华北理工大学,河北唐山,063000; 2 通讯作者

作者简介:高俊,女,硕士研究生,护师; 收稿日期:2017-10-16

**Conclusion:** Audio training can effectively improve the memory function of patients with breast cancer after chemotherapy.

**Author's address** College of Nursing and Rehabilitation, North China University of Science and Technology, Tangshan, 063000

**Key word** high and low audio conversion training; breast cancer after chemotherapy ;memory disorders

乳腺癌是一种常见的妇科肿瘤,严重威胁女性患者的生命安全,随着癌症治疗手段的进步和快速发展,乳腺癌患者经治疗后的生存率和生存期得到了显著提高。研究指出:在乳腺癌化疗患者中,16%—75%会在治疗中呈现不同程度的认知功能损伤<sup>[1]</sup>,严重影响女性患者的生存质量和疾病康复。因此寻求简单有效的方法对此类患者进行干预,既可以提高患者生存质量,又能减轻家庭和社会负担。目前国内外对乳腺癌化疗相关认知障碍患者的干预研究主要在药物治疗、冥想康复训练等,但其效果尚不明确;另有研究表明:认知行为干预可改善患者认知功能<sup>[2]</sup>。以上方法实施繁琐,化疗患者容易出现疲倦心理,尚未见使用简便操作仪器进行干预。此次实验 TOMATIS 训练仪是由法国 Tomatis 博士创建<sup>[3]</sup>,其有效工作原理是患者通过倾听频率经特殊处理的音乐对大脑进行反复刺激从而达到改善认知功能的目的,在国外该训练已被成功应用于治疗脑卒中后认知功能障碍及心理障碍的患者<sup>[4]</sup>,然而对乳腺癌患者化疗后认知和记忆功能障碍是否有很好的疗效,目前尚无报道。因此本实验由专业人员针对乳腺癌化疗相关认知障碍患者制定符合患者特点的高低音频转换音乐训练模式,对患者实施干预,观察疗效,为临床治疗提供新的干预方案,促进患者康复,提高生存质量,现报道如下:

## 1 对象与方法

### 1.1 研究对象

选取2016年10月—2017年9月收入唐山市人民医院乳腺科的乳腺癌化疗患者共120例作为研究对象。

随机将患者分为空白对照组、对照组和试验组,每组各40例。纳入标准:①女性乳腺癌化疗患者;②年龄≥18周岁;③蒙特利尔认知评估量表评分异常<sup>[5]</sup>;④River-mead评分异常<sup>[6]</sup>;⑤意识清楚无障碍;⑥病情稳定,愿意并能配合进行实验,签署知情同意

书;⑦化疗总周期≥5。排除标准:①既往有脑卒中病史、有精神病史、近期内有抗抑郁药物摄入史;②近1年内有重大精神创伤史;③有较严重失语者(感觉性失语或严重运动性失语)或听力障碍者;④药物及酒精依赖者;⑤使用镇痛类、镇静催眠类、抗抑郁癫痫类及抗胆碱能类等影响记忆功能药物者。本实验已经唐山市人民医院伦理委员会审批通过。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样本量确定:**根据临床试验样本量公式计算<sup>[7]</sup>:

$$n = \frac{1641.6\lambda}{(\sin^{-1}\sqrt{P_{\max}} - \sin^{-1}\sqrt{P_{\min}})^2}$$

此计算公式适合三组试验对象分析的样本量计算,计算得出n=32,考虑到临床试验样本量丢失,保证研究结果代表性,故选取每组40例作为研究对象

**1.2.2 干预方案:**空白对照组:给予乳腺癌患者常规化疗与护理。试验组:在空白对照组基础上给予音频转换训练<sup>[8]</sup>,本次试验采用法国最新研发的训练仪并将其音频设置为针对乳腺癌化疗相关认知障碍模式,包括主机、无线发射器、若干个具有空气传导及骨传导功能的无线耳机,每次试验可多人同时进行<sup>[9]</sup>。本次干预音乐选择、音频选择、干预周期、干预频率、干预时间等设计均由课题组和法国马赛大学神经认知学专家针对疾病特点、治疗进程等进行设计。

训练周期:本次试验从患者第二个化疗周期开始,分别于第二、三、四、五个化疗周期进行,共4阶段,各阶段间隔21d。每阶段连续对患者干预5d,每天4次,具体时间安排如下:

第一、四阶段:分别于每天的8:00—9:00,10:00—10:45,2:00—2:30,4:00—4:15进行。

第二、三阶段:分别于每天的8:00—9:20,10:00—11:00,2:00—2:40,4:00—4:20进行。

音乐内容:包括 Gregoria 圣歌和莫扎特音乐两种, Gregoria 圣歌可舒缓自主神经系统<sup>[4]</sup>,莫扎特音

乐可以激活神经皮质相关功能区<sup>[10]</sup>。每日所听音乐内容均不相同,试验者每次训练按照已设定好的程序为患者播放。

高低音频设置:

第一阶段:非过滤音乐(MU)=40%,低通滤波器音乐 6000Hz(Low BP)=15%,低通滤波器音乐 4000Hz(Low BP)=20%,高通滤波器音乐 1000Hz(High BP)=25%。

第二阶段:MU=75%,混声或女格里高利圣咏(GFM)=25%程序组成。

第三阶段:MU=55%,6000Hz(Low BP)=10%,4000Hz(Low BP)=10%,GFM=25%。

第四阶段:MU=60%,6000Hz(Low BP)=10%,4000Hz(Low BP)=5%,GFM=25%。

对照组:除使用音乐音频未经特殊处理外,其余与试验组完全相同。

### 1.3 评定方法

干预前、后采用蒙特利尔认知评估量表及 Rivermead 行为记忆测验第 2 版(RBMT- II)分别对三组患者进行测试。蒙特利尔认知评估量表包括注意力、记忆力及执行功能等 8 个认知领域,总分 30 分,总分 > 26 分为认知功能正常,总得分 < 26 分可认作认知功能受损,若试验对象受教育年限少于 12 年,测试结果总分再加 1 分<sup>[5]</sup>。RBMT- II 包括记姓和名、日期、定向、脸部再认、回忆预约等 12 个项目,每项先记录初步积分,再换算为标准分(0、1、2 分),2 分记作满分,1 分记作较差,0 分记作差,该测试总分为 24 分(信息即刻回忆及延迟回忆合并成一项计算,统称信息回忆)<sup>[6]</sup>。记忆功能的评判:标准分在 22—24 分为正常,17—21 分为轻度记忆功能障碍,10—16 分为中度记忆功能障碍,0—9 分为重度记忆功能障碍<sup>[6]</sup>。

### 1.4 统计学分析

采用 SPSS19.0 软件对所得数据进行统计学分析,计量资料采用 *t* 检验,三组间比较采用方差分析,计数资料采用  $\chi^2$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有显著性意义。

## 2 结果

### 2.1 三组一般情况比较

结果显示,三组患者年龄、学历、婚姻状况、职业性质、手术部位差异均无显著性意义( $P > 0.05$ ),表明三组患者基线资料构成具有可比性。见表 1。

### 2.2 三组患者干预前后蒙特利尔评分比较

三组患者干预前蒙特利尔总评分比较,差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。干预后,试验组总分较干预前提高,对照组及空白对照组较干预前总评分下降,且干预后试验组蒙特利尔总分显著高于对照组和空白对照组,差异有显著性意义( $P < 0.01$ )。见表 2。

### 2.3 三组患者干预前后蒙特利尔量表评分差值

干预后较干预前蒙特利尔量表评分差值比较,三组在视结构技能、执行功能、注意与集中、语言、计算、抽象思维、记忆、定向力及蒙特利尔总分 9 项评分差值均有显著性意义( $P < 0.05$ );干预后,试验组在视结构技能、执行功能、注意与集中、语言、计算、抽象思维、记忆、定向力及蒙特利尔总分 9 项均高于对照组和空白对照组;干预后,对照组在视结构技能、执行功能、注意与集中、语言、计算、抽象思维、记忆、定向力及蒙特利尔总分 9 项高于空白对照组,差异

表 1 三组患者一般情况比较

项目	试验组 (n=40)	对照组 (n=40)	空白对照 (n=40)	$\chi^2$	<i>P</i>
年龄(岁)				0.537	0.970
< 45	9	8	7		
45—59	19	20	22		
≥60	12	12	11		
学历				3.618	0.460
小学及以下	7	14	10		
中学	26	22	25		
大专及以上	7	4	5		
婚姻状况					
已婚	33	30	32	0.707	0.702
职业性质				1.432	0.489
离异或丧偶	7	10	8		
体力劳动	16	15	20		
脑力劳动	24	25	20		
手术部位				5.614	0.060
左	21	13	23		
右	19	27	17		

表 2 三组患者干预前后蒙特利尔评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ , 分)

组别	例数	蒙特利尔评分		<i>t</i>	<i>P</i>
		干预前	干预后		
试验组	40	18.23±4.215	22.55±3.343 <sup>①②</sup>	-11.497	0.000
对照组	40	17.45±3.889	14.93±3.300	1.778	0.083
空白对照组	40	17.35±2.833	11.60±1.878	18.212	0.000

注:①试验组与对照组比较  $P < 0.05$ ;②试验组与空白对照组比较  $P < 0.05$

有显著性意义( $P < 0.05$ )。结果显示,试验组、对照组9项评分中记忆功能项增长差值最大,空白对照组中记忆功能项分值降低最明显。见表3。

#### 2.4 三组患者干预前后RBMT- II 评分比较

三组患者干预前在RBMT- II 总标准分评分比较,差异无显著性意义( $P > 0.05$ )。干预后,试验组、对照组RBMT- II 总分较干预前均有提高,空白对照组RBMT- II 总分较干预前显著下降,且干预后试验组RBMT- II 总分高于对照组和空白对照组,差异有显著性意义( $P < 0.01$ )。见表4。

表3 三组患者干预前后蒙特利尔量表评分差值比较( $\bar{x} \pm s$ ,分)

蒙特利尔量表	试验组 (n=40)	对照组 (n=40)	空白对照组 (n=40)	F	P
视结构技能	0.23±0.423 <sup>①②</sup>	0.05±0.316 <sup>③</sup>	-0.15±0.427	9.167	0.000
执行功能	0.50±0.555 <sup>①②</sup>	0.20±0.405 <sup>③</sup>	-0.50±0.555	40.539	0.000
注意与集中	1.78±0.620 <sup>①②</sup>	0.53±0.599	-0.43±0.549	139.912	0.000
语言	1.03±0.698 <sup>①②</sup>	0.10±0.441 <sup>③</sup>	-0.35±0.533	61.049	0.000
计算	1.23±0.733 <sup>①②</sup>	0.08±0.764 <sup>③</sup>	-0.63±0.586	71.480	0.000
抽象思维	0.98±0.530 <sup>①②</sup>	0.58±0.549 <sup>③</sup>	-0.18±0.385	55.919	0.000
记忆	1.55±0.749 <sup>①②</sup>	0.60±0.810 <sup>③</sup>	-1.00±0.599	126.385	0.000
定向力	0.18±0.385 <sup>①②</sup>	-0.18±0.747 <sup>③</sup>	-0.15±0.427	5.149	0.007
蒙特利尔总分	7.45±1.739 <sup>①②</sup>	1.95±1.867 <sup>③</sup>	-3.38±1.612	386.044	0.000

注:①与对照组比较 $P < 0.05$ ;与空白对照组比较② $P < 0.05$ ;③ $P < 0.05$

表4 三组患者干预前后RBMT- II 评分比较 ( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	例数	RBMT- II 评分		t	P
		干预前	干预后		
试验组	40	17.53±1.664	22.53±1.154 <sup>①②</sup>	-18.028	0.000
对照组	40	17.48±1.648	18.20±1.800 <sup>③</sup>	39.277	0.000
空白对照组	40	17.45±1.768	5.10±2.073	26.107	0.000

注:①与对照组比较 $P < 0.05$ ;与空白对照组比较② $P < 0.05$ ;③ $P < 0.05$

### 3 讨论

记忆是人类认知功能的一部分,是人脑对经历过相关事物的识记、保持、再现或再认,其功能的发挥与大脑中杏仁核、海马前部等部位密切相关,依赖于皮质及皮质下Papez环路的完整性<sup>[11]</sup>。研究表明一些化疗药物会增加海马区细胞的死亡<sup>[12]</sup>。这种化疗引起的记忆功能障碍给女性患者的疾病恢复、生存质量和工作效率带来了严重的影响。国内外对化疗后记忆功能障碍的干预措施大多有以下几种:药物治疗、认知行为疗法、中医药干预、瑜伽、音乐放松治疗法等。但这些方法存在一些不足,如药物治疗机制目前还不成熟,缺乏稳定的有效性和安全性<sup>[13]</sup>;认知行为疗法及瑜伽等训练过程相对较为复杂,患者依从性较差;普通音乐治疗可以起到一定的

治疗效果<sup>[14]</sup>,过程简单,但研究发现人类中枢神经系统在损伤后具有一定的可塑性,患者可以经过具有一定强度的反复刺激后,损伤的脑功能区才可以得到有效锻炼,恢复其神经认知功能<sup>[15]</sup>,越来越多的科学家致力于音乐刺激脑电波从而改善患者认知及记忆功能的研究,一些研究已初步显示音乐干预后患者部分认知功能有所改善<sup>[16]</sup>,而高-低音频的变化比普通音乐更具刺激强度,疗效更佳,且疗法简单,患者容易接受,可以有效促进个体身心健康。张晶晶等<sup>[9]</sup>使用TOMATIS音频训练对脑卒中患者认知及记忆功能障碍的患者进行干预,且取得了显著效果。脑卒中患者出现认知功能障碍的原因可能是出血或缺血等原因导致大脑前额叶、颞叶及海马等与认知密切相关的结构受损<sup>[17]</sup>,最终导致影响认知功能。化疗后出现认知障碍的原因目前尚未明确,可能与药物进入血脑屏障<sup>[18]</sup>、激素水平的改变<sup>[19]</sup>导致中枢神经细胞的损伤及海马细胞的减少有关,也与因恐惧患癌症导致的心理创伤,出现应激障碍有关。因此乳腺癌化疗相关认知障碍的患者是否可以通过后期的TOMATIS音频锻炼和学习对其认知及记忆功能进行强化和提高<sup>[20]</sup>有待研究。

本研究结果显示,对照组和空白对照组干预后蒙特利尔的评分下降明显,提示化疗可导致患者认知功能损害明显;仅给予音乐疗法的乳腺癌化疗患者,其记忆功能随化疗时间的延长也出现明显的下降。而转换音频训练组干预后总分较干预前均显著提升,且在干预后总分均高于对照组和空白对照组,差异有显著性意义( $P < 0.05$ ),提示高低音频转换训练可以有效地改善乳腺癌化疗患者认知及记忆功能。本次训练使用经特殊处理的音乐,高频率刺激使大脑皮质兴奋,作用于对边缘系统及前额叶,使得记忆过程中的神经效率提高<sup>[21]</sup>,从而提高乳腺癌化疗患者的认知功能和记忆功能;低频率刺激还可以调节皮质兴奋性并使内部神经网络激活<sup>[22]</sup>,从而改善患者的再认功能<sup>[23]</sup>;高低频率的互相转换还可以有效刺激前庭和耳蜗<sup>[1]</sup>,使大脑不断接收新鲜刺激,从而改善患者认知功能选择的莫扎特系列音乐,舒缓柔和,具有结构复杂非重复性和非简约派性,可以有效激发大脑皮质兴奋,增强机体的认知功能<sup>[24]</sup>。Gregoria圣歌音色丰富,无明显重音的旋律,频率与

人类呼吸频率相同,速度缓慢,可以有效舒缓自主神经,有利于放松大脑和逻辑思维的培养<sup>[25]</sup>。音乐训练是在闭目养神的状态下进行,可有效转移患者的注意力,尤其是对预后的担忧和对化疗后症状的关注的转移。另外,播放程序每日选择不同的播放曲目,避免了疲惫心理又可带动刺激更多不同的认知领域,对其记忆功能的恢复起到一定程度上的协助作用。本次训练的时间是根据乳腺癌化疗周期专门设定,住院期间的连续密集训练使大脑在此时间段接受反复密集的刺激;各阶段间隔21d(与化疗周期一致),也使得大脑进行充分的整合和休息,从而有效促进患者的记忆功能<sup>[3]</sup>。另外,训练使用的耳机采用的是经处理的包耳式耳机,保证每位患者每次训练时可以完全投入,不受外界干扰;此外,这种耳机具有良好的骨传导和空气传导性能,这样可以使声音更有效地被患者接收到<sup>[26]</sup>。

综上所述,高低音频转换训练可以使乳腺癌化疗患者的记忆功能得到改善,且具有操作性强、便携并可多人使用的特点,改善记忆功能的同时给枯燥的治疗提供更轻松的气氛,又对患者无任何不良刺激。因此,高低音频转换训练为乳腺癌化疗患者的记忆功能的改善提供了新的康复方法。

## 参考文献

- [1] Janelins MC, Kohli S, Mohile SG, et al. An update on cancer- and chemotherapy- related cognitive dysfunction: current status[J]. *Semin Oncol*, 2011, 38(3): 431.
- [2] Kesler S, Hadi Hosseini SM, Heckler C, et al. Cognitive training for improving executive function in chemotherapy-treated breast cancer survivors[J]. *Clin Breast Cancer*, 2013, 13(4): 299.
- [3] Brosch H. Sound therapy according to Alfred Tomatis[J]. *Kinderkrankenschwester*, 2000, 19(10): 412.
- [4] Corbett BA, Shickman K, Ferrer E. Brief report: the effects of Tomatis sound therapy on language in children with autism[J]. *J Autism DevDisord*, 2008, 38(3): 562.
- [5] 李淑杏, 孙金菊, 孙冬敏, 等. Forbrain 大脑认知训练对提高脑卒中患者认知功能的效果研究[J]. *医学与哲学*, 2017, 38(575): 35.
- [6] 陈长香, 徐金献, 王尚书, 等. 体感互动游戏改善脑卒中患者记忆功能的效果[J]. *中国康复医学杂志*, 2013, 28(7): 624.
- [7] 孙振球主编. 第2版. 医学统计学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 627.
- [8] Thompson BM, Andrews SR. An historical commentary on the physiological effects of music: Tomatis, Mozart and neuro- psychology[J]. *Integr Physiol Behav Sci*, 2000, 35(3): 174.
- [9] 张晶晶, 陈长香, 李淑杏, 等. TOMATIS 音频训练对脑卒中患者记忆功能的影响[J]. *中国全科医学*, 2016, 19(27): 3367.
- [10] Verrusio W, Ettorre E, Vicenzini E. The Mozart effect: a quantitative EEG study[J]. *Conscious Cogn*, 2015, 35: 150.
- [11] Wright CB, Festa JR, Paik MC, et al. White matter hyperintensities and subclinical infarction: associations with psychomotor speed and cognitive flexibility[J]. *Stroke*, 2008, 39(3): 800.
- [12] Seigers R, Fardell JE. Neurobiological basis of chemotherapy-induced cognitive impairment: A review of rodent research[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2011, 35(3): 729—741.
- [13] 丁妍彬. 中医药干预化疗所致乳腺癌患者认知功能障碍的研究[D]. 广州: 广州中医药大学, 2016: 8—10.
- [14] 孙鞞鞞, 赵丽丽, 刘敏, 等. 个性化音乐疗法对减轻乳腺癌患者化疗不良心理反应的效果观察[J]. *安徽医药*, 2013, 17(8): 1441—1443.
- [15] 廖亮华, 江兴妹, 滕新, 等. 针眼联合认知训练治疗脑卒中后认知功能障碍的疗效观察[J]. *中华物理医学与康复杂志*, 2016, 38(2): 118—121.
- [16] 丁越, 孙珍儿, 武伟. 基于正念的音乐疗法对乳腺癌化疗患者认知功能及情绪的影响[J]. *中华全科医学*, 2017, 15(10): 1798.
- [17] 倪朝民. 脑卒中的临床康复[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2013.
- [18] Seigers R, Fardell JE. Neurobiological basis of chemotherapy-induced cognitive impairment: A review of rodent research[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2011, 35(3): 729—741.
- [19] Baudry M, Bi X, Aguirre C. Progesterone-estrogen interactions in synaptic plasticity and neuroprotection[J]. *Neuroscience*, 2013, 239: 280—294.
- [20] Han EY, Chun MH, Kim BR, et al. Functional improvement after 4 - week rehabilitation therapy and effects of attention deficit in brain tumor patients: comparison with subacute stroke patients[J]. *Ann Rehabil Med*, 2015, 39(4): 560.
- [21] Schneiders JA, Opitz B, Tang H, et al. The impact of auditory working memory training on the fronto - parietal working memory network[J]. *Front Hum Neurosci*, 2012, 6: 173.
- [22] Miniussi C, Rossini PM. Transcranial magnetic stimulation in cognitive rehabilitation [J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2011, 21(5): 579.
- [23] Turriziani P, Smirni D, Zappala G, et al. Enhancing memory performance with rTMS in healthy subjects and individuals with mild cognitive impairment: the role of the right dorsolateral prefrontal cortex[J]. *Front Hum Neurosci*, 2012, 6: 62.
- [24] 何依群, 刘焕, 张杰. 音乐治疗在癌症化疗患者中的应用[J]. *齐鲁护理杂志*, 2012, 18(12): 1.
- [25] 张红海. 浅析中世纪的声乐艺术之《格里高利圣咏》[J]. *黄河之声*, 2016, (9): 61.
- [26] McBride M, Tran P, Pollard KA, et al. Effects of bone vibrator position on auditory spatial perception tasks[J]. *Hum Factors*, 2015, 57(8): 1443.