

# 阿尔法脑波音乐在神经系统疾病中的研究进展

杨 亭, 乔雨晨, 赵文博, 韩金鸣综述, 常 红审校

**摘要:** 阿尔法脑波( $\alpha$ 脑波)音乐是利用大脑活动信号向音乐转化编码的方式,将 $\alpha$ 脑波大脑活动信号与音乐元素一一对应创作而成的个性化乐曲,包含了丰富的大脑活动信息,在临床中作为护理干预辅助疾病治疗的一种方式,具有改善患者紧张感和焦虑情绪、辅助镇痛的作用,并具有操作方便,经济可行,无创安全的特点。然而,有关 $\alpha$ 脑波音乐的临床应用研究仍处于初步探索阶段,本研究通过对 $\alpha$ 脑波音乐的概述、作用机制、在神经系统疾病临床应用效果进行综述,提出完善 $\alpha$ 脑波音乐疗法的应用标准、促进 $\alpha$ 脑波音乐的专业化实施的建议,旨在为临床研究工作提供指导,从而促进 $\alpha$ 脑波音乐临床应用的推广。

**关键词:**  $\alpha$ 脑波; 音乐疗法; 神经系统疾病; 临床应用; 研究进展

中图分类号:R741.05 文献标识码:A

**Clinical research advances in alpha brainwave music in nervous system diseases** YANG Ting, QIAO Yuchen, ZHAO Wenbo, et al. (Department of Neurology, Beijing Municipal Geriatric Medical Research Center, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China)

**Abstract:** Alpha brainwave ( $\alpha$  brainwave) music refers to the personalized music created by the one-to-one correspondence of  $\alpha$  brainwave brain activity signals and music elements by converting brain activity signals into music coding, and it contains rich information on brain activity. As a pattern of nursing intervention for assisting in disease treatment, it can improve the sense of tension and anxiety and help to alleviate pain, with the advantages of convenient, economic, feasible, noninvasive, and safe operation. However, the research on the clinical application of  $\alpha$  brainwave music is still in the preliminary exploration stage. By reviewing the concept, mechanism of action, and efficacy of  $\alpha$  brainwave music in nervous system diseases, this article points out that it is necessary to improve the application standard of  $\alpha$  brainwave music therapy and promote the professional implementation of  $\alpha$  brainwave music, in order to provide guidance for clinical research and promote the clinical application of  $\alpha$  brainwave music.

**Key words:** Alpha brainwave; Music therapy; Nervous system disease; Clinical application; Research advances

阿尔法脑波( $\alpha$ 脑波)是频率在8~12 Hz左右的神经振荡的脑电波。 $\alpha$ 脑波音乐是利用音乐转化编码的方式,将 $\alpha$ 脑波信号与音乐元素一一对应创作而成的个性化乐曲<sup>[1]</sup>。 $\alpha$ 脑波音乐具有生物性强,个性化、针对性强的特点,以聆听音乐方式促进大脑功能活动达到改变患者行为、情感以及生理活动,已经被用于临床治疗<sup>[2,3]</sup>。既往研究发现, $\alpha$ 脑波音乐可改善认知功能障碍患者负性情绪,提高患者睡眠质量,促进脑损伤功能恢复<sup>[4-6]</sup>。 $\alpha$ 脑波音乐治疗还具备经济性强和安全可靠等特点<sup>[7]</sup>。然而,目前关于 $\alpha$ 脑波音乐在神经系统疾病中的临床应用研究尚不够深入。本文通过对 $\alpha$ 脑波音乐的作用机制和临床应用进行综述,以期为未来研究和治疗提供借鉴。

## 1 $\alpha$ 脑波音乐概述

音乐是一种跨越文化与时空的艺术形式<sup>[8]</sup>,与人类生活密切相关。随着音乐形式的演变,音乐的功能从舒缓心情,逐渐演变为一种临床治疗的手段。脑电

信号(electroencephalogram, EEG),也被称为脑波,是人脑神经元电活动的综合体现。1924年,德国精神病学家Hans Berger首次无创纪录到脑波,因脑波的频率较低,需多级扩大后才被检测到<sup>[9]</sup>。按照频率、振幅和生理特征,脑电波被分为 $\alpha$ 波、 $\beta$ 波、 $\theta$ 波和 $\delta$ 波,在不同生理状态下会以不同类型脑电波为主(见表1)。

1934年,研究者尝试让脑波“发声”,即以听觉的形式来展示脑波活动<sup>[9]</sup>,这是将脑波与声音连接的最早的尝试。1965年,脑波信号被用作音乐创作,开启了脑波音乐创作的先河<sup>[10,11]</sup>。经历了19世纪70年代的低潮期,90年代脑波音乐迎来新的发展时期,逐渐

收稿日期:2024-05-20;修订日期:2024-08-16

基金项目:首都医科大学宣武医院2022年度护理专项课题(HLQN2022001)

作者单位:(北京市老年病医疗研究中心,首都医科大学宣武医院神经内科,北京100053)

通信作者:常 红,E-mail:changhong19791111@126.com

成为神经科学、音乐学、工程学等多学科交叉研究领域的热点。 $\alpha$ 脑波是人体大脑中最典型的脑电波节律,普遍存在于大脑皮质各区,双侧同步类似正弦波,其振幅、频率、空域分布是大脑机能状态的重要

信号<sup>[12]</sup>,随着脑机接口技术的发展,目前已能够实现脑波驱动的乐器演奏,如利用脑波和肌电信号共同控制交互式手风琴等<sup>[11]</sup>。

表 1 脑电波的分型及对于生理状态

脑电波类型	生理状态
$\alpha$ 波	通常出现于觉醒安静闭目时,其频率、振幅和空域分布是反映大脑机能状态的重要指标
$\beta$ 波	与大脑高级意识活动相关,在中枢神经系统紧张时出现
$\theta$ 波	成人在极度疲劳、深度麻醉、缺氧、浅度睡眠中出现
$\delta$ 波	成人在清醒状态下几乎没有 $\delta$ 波,一般出现于深度睡眠中

## 2 $\alpha$ 脑波音乐的作用机制

作为一种无创性声学干预手段, $\alpha$ 脑波音乐的具体作用机制尚不完全清楚。既往研究提示 $\alpha$ 脑波音乐可调整复杂的脑波节律和神经内分泌网络发挥治疗作用<sup>[13]</sup>。

### 2.1 诱导大脑产生 $\alpha$ 脑波

$\alpha$ 脑波音乐可诱导大脑皮质产生主要存在于健康人枕部的 $\alpha$ 脑波<sup>[14]</sup>。通过神经反馈增强 $\alpha$ 脑波,可使大脑处于放松性觉醒状态,起到调节焦虑和抑郁情绪、放松身心、缓解压力的作用<sup>[15,16]</sup>。

### 2.2 促进大脑分泌内啡肽

$\alpha$ 脑波音乐利用声波对中枢神经系统产生刺激,提高运动皮质兴奋性,促进大脑分泌内啡肽<sup>[17,18]</sup>。内啡肽的作用包括镇静镇痛、调节心血管和呼吸功能等。故 $\alpha$ 脑波音乐疗法在缓解紧张、改善焦虑抑郁等负性情绪方面具有治疗潜力<sup>[19]</sup>。

## 3 $\alpha$ 脑波音乐的临床应用

### 3.1 音乐选择

目前临床常用的 $\alpha$ 脑波音乐是《 $\alpha$ 脑波音乐全集》,该全集由希腊音乐教育学会研发,国际脑研究组织指导监测,美国音乐治疗协会设备技术部提供最新音乐波处理器,中国科学文化影像出版社有限公司出版<sup>[20]</sup>。此外,国内秦毅教授团队开发了不同主题的3D脑波音乐专辑,既往研究证实其能够使聆听者稳定情绪、恢复平和、进入高度专注状态,从而缓解压力、提高生活适应力等<sup>[21]</sup>。

### 3.2 临床应用的实施方案

$\alpha$ 脑波音乐的实施者通常是医务人员和音乐治疗师。音乐治疗师对音乐的选择更为专业,可根据患者的身体状况开具个性化音乐处方,并在播放音

乐间隙向患者讲解音乐表达的内容,结合深呼吸和引导性放松想象,促进患者更深层次理解音乐,展开联想,促进身体放松。心理咨询师也可参与干预,向患者讲解进行音乐治疗的目的及注意事项。目前,临床中常用的 $\alpha$ 脑波音乐实施方案包括:频次为2~3次/d,每次20~30 min,持续4~6周,最长研究周期3个月,音量40~60 dB。但需要注意的是,既往研究中所用的 $\alpha$ 脑波音乐的播放时间、频次、地点、环境及音量并不统一,在解读相关研究结论时需保持谨慎的态度。

### 3.3 临床应用

目前, $\alpha$ 脑波音乐临床应用范围主要包括5个方面:缓解负性情绪、促进脑功能恢复、改善睡眠障碍、提升学习记忆能力和促进孕婴保健(见表2)。

**3.3.1 缓解负性情绪** 脑电波中 $\alpha$ 波功率的变化与情绪的极性和强度有紧密关联,其中额叶和顶枕叶的 $\alpha$ 波功率与情绪强度呈负相关<sup>[31]</sup>。在焦虑状态下,机体消耗能量增加,易产生疲惫感,不利于疾病的康复,应用 $\alpha$ 脑波音乐可使患者心情愉悦、身体处于放松状态,有利于疾病恢复<sup>[32]</sup>。余双等<sup>[20]</sup>对60例局麻下行上睑下垂矫正手术的患者进行观察,术中应用 $\alpha$ 脑波疗法可显著缓解患者焦虑心理。朱宗丽等<sup>[24]</sup>对90例局部麻醉(局麻)上睑下垂矫正术前加用沙盘游戏,术时 $\alpha$ 脑波音乐疗法,可显著改善负性情绪、缓解疼痛程度、降低生理应激反应、提高护理体验感。Alexander等<sup>[22]</sup>对主诉压力较大患者进行 $\alpha$ 脑波音乐干预,结果提示患者精神状态得到有效改善。Ramirez等<sup>[23]</sup>研究表明,5周的 $\alpha$ 脑波音乐干预可改善老年人的抑郁状况。吴晶晶等<sup>[33]</sup>研究证明 $\alpha$ 脑波疗法可缓解急腹症患者术后焦虑、抑郁

情绪,降低并发症发生率,促进患者恢复。马将等<sup>[4]</sup>在观察 $\alpha$ 波音乐对脑卒中后认知功能损害患者情绪影响研究中发现,常规康复治疗和促智药物联合 $\alpha$ 波音乐干预四周(每周进行6 d,每天2次,每次20 min,音量约40 dB)患者的焦虑和抑郁情绪得到明显改善<sup>[34]</sup>。王君策等<sup>[25]</sup>研究表明脑波音乐对疲劳状态有显著干预效果。综上所述, $\alpha$ 脑波音乐干预可有效改善患者的负性情绪。

**3.3.2 促进脑功能恢复** 认知障碍患者生理衰老的静息脑电图低频振荡的功率整体增加, $\alpha$ 波活动减少变缓<sup>[35]</sup>,而 $\alpha$ 脑波音乐可通过听觉神经的

反馈<sup>[36]</sup>,提高患者的 $\alpha$ 波活动的频率<sup>[37-39]</sup>,改善认知功能<sup>[40]</sup>,促进脑功能恢复<sup>[36]</sup>。既往研究表明,对于中型头部损伤意识障碍患者,每天中午和晚上给予两次 $\alpha$ 脑波干预,音量调至40 dB,每次音乐播放30 min,整个聆听音乐过程不少于30 d,可有利于患者意识恢复,减少各种并发症的出现,促进患者康复<sup>[6]</sup>。相较于临床实践中很多促进脑功能恢复的措施,如高压氧治疗、神经电刺激和针灸等<sup>[41-43]</sup>, $\alpha$ 脑波作为一种新技术,具有无创安全,易于推广的优势,有望替代传统疗法用于临床改善患者的意识及认知功能。

表2  $\alpha$ 脑波音乐的临床应用研究

目的	研究人员	样本量	受试者	研究发现
缓解负性情绪	余双等 <sup>[20]</sup>	60	上睑下垂矫正手术	观察组(术中播放 $\alpha$ 脑波音乐曲目)术后焦虑评分明显低于对照组(术前指导深吸静息式全身肌肉放松方法)
	Alexander等 <sup>[22]</sup>	2	主诉压力较大	使用反馈脑电图控制音乐响度,经过2次治疗,患者压力感降低,精神和情绪状态得到积极转变
	Ramirez等 <sup>[23]</sup>	6	老年人	$\alpha$ 脑波干预组左额叶相对 $\alpha$ 活性显著降低,抑郁状况得到改善
	马将等 <sup>[4]</sup>	60	认知功能受损的脑卒中	观察组(联合 $\alpha$ 脑波音乐)焦虑和抑郁发生率低于对照组(常规康复和促智药物)
	朱宗丽等 <sup>[24]</sup>	90	上睑下垂矫正术	加用沙盘游戏联合 $\alpha$ 脑波音乐疗法,可显著改善负性情绪、缓解疼痛程度、降低生理应激反应、提高护理体验感
	王君策等 <sup>[25]</sup>	75	健康大学生	脑波音乐对疲劳状态有显著干预效果
促进脑功能恢复	赵倩等 <sup>[6]</sup>	140	中型头部损伤 意识障碍	干预6 d、14 d和30 d时,实验组(常规治疗护理加 $\alpha$ 脑波音乐)格拉斯哥评分高于对照组(常规治疗护理加患者喜爱的音乐)
	关伟等 <sup>[26]</sup>	70	脑卒中后认知障碍	观察组的患者的MMSE评分和ADL评分明显高于对照组
	Yal等 <sup>[27]</sup>	15	失眠	$\alpha$ 脑波音乐对超过80%的睡眠障碍患者的失眠起到改善作用
改善睡眠障碍	Gao等 <sup>[5]</sup>	33	年轻人	睡前听1 min $\alpha$ 脑波音乐(连续6 d)对睡眠质量有改善
	赵献敏等 <sup>[28]</sup>	64	中西医专业学生	在教学中使用 $\alpha$ 脑波音乐作为教学背景
	闫艳 <sup>[29]</sup>	10	非体育专业女大学生	可以提高英语表达能力、思维记忆力和实验成功率
提升学习记忆能力	安昱等 <sup>[18]</sup>	68	早产儿	观察组( $\alpha$ 脑波音乐)改善记忆
	李慧等 <sup>[30]</sup>	78	不孕症	$\alpha$ 脑波音乐疗法的病室早产儿较常规环境的早产儿体重增长快,每日睡眠时间长
				$\alpha$ 脑波音乐治疗辅助心理护理有效改善患者焦虑和抑郁不良情绪,提高优胚数和临床妊娠率

**3.3.3 改善睡眠障碍** 睡眠障碍不仅影响日常工作和生活,还可导致疲劳、抑郁和焦虑等发生。 $\alpha$ 脑波音乐可通过影响脑波频率从而改善患者的睡眠质量<sup>[5,27]</sup>,既往研究多关注与深度睡眠有关的 $\delta$ 波<sup>[44]</sup>,然而,睡眠障碍者的 $\alpha$ 脑波的活动性和变异性发生变化<sup>[45]</sup>。Yal等<sup>[27]</sup>研究结果提示 $\alpha$ 脑波音乐对超过80%的睡眠障碍患者的失眠起到改善作用。 $\alpha$

脑波音乐作为一种安全且廉价的治疗方法,对提高患者睡眠效率有积极的作用,然而,既往研究中阿尔法音乐干预时长较短,仅在睡眠前进行,最佳治疗方案有待进一步改进<sup>[5]</sup>。应用患者个性化睡眠阶段的脑波音乐干预是未来治疗睡眠障碍的趋势。

**3.3.4 提升学习记忆能力**  $\alpha$ 脑波音乐对短时记忆影响效果甚微,但对于长时记忆的影响效果

显著,可以促进提取长时记忆<sup>[28]</sup>。闫艳<sup>[29]</sup>将α脑波音乐应用于身体健康、作息规律且无记忆障碍的非体育专业女大学生,发现α脑波音乐有助于改善记忆效果。α脑波音乐可以诱发并增强阿尔法波,营造出最佳的学习状态,有助于学生情绪的放松,同时为创造富有特色和个性化的居家自习环境。国内专家也将α脑波设置为人体身心和学习产生良好影响的最佳学习音乐<sup>[46]</sup>,Kausel等<sup>[47]</sup>研究表明受过音乐训练的儿童的注意力分配和记忆编码的神经元机制得到了改善。

**3.3.5 促进孕婴保健 安昱等<sup>[18]</sup>**在每日行人工喂养30 min后实施α脑波疗法,音量控制在50~60 dB,每天播放的时间为9:00、14:00、20:00,每15 min,干预过程中暂停一切护理操作,并保持环境安静。结果显示适宜的α脑波音乐可以帮助早产儿降低痛觉,促进胃肠蠕动,进而促进生长发育。既往研究也证实α脑波音乐可有效减少新陈代谢,促进生长激素分泌,有助于早产儿体重的增加。李慧等<sup>[30]</sup>在探讨心理护理联合α脑波疗法对体外受精-胚胎移植患者妊娠结局影响中发现,联合干预方案对提高患者的临床妊娠率有积极作用。

#### 4 局限性

国内外学者已初步证实α脑波疗法在神经系统疾病中的作用,但目前α脑波音乐疗法的干预时机,实施方案和干预周期等细节尚未有国际统一标准,未来需进一步研究明确α脑波音乐干预的中国方案,以便协助治疗师科学合理选择适合的治疗方案。此外,音乐治疗方案制定实施者主要为医务人员,仍缺少专业的音乐治疗师,未来有待完善音乐疗法从业者的培训体系。

#### 5 总结与展望

α脑波音乐具有缓解负性情绪、提升注意力、改善睡眠障碍、促进母婴保健等作用,且具有无创、经济安全、操作便捷等优点。尚需对α脑波音乐疗法不断地进行深层次的研究,以便更好地促进神经系统疾病患者的康复。

**利益冲突声明:**所有作者均声明不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**杨亭、乔雨晨、赵文博、韩金鸣

负责文献收集、撰写论文、修改论文;常红负责指导撰写论文并最后定稿。

#### 〔参考文献〕

- [1] 陈家鑫. 基于脑波音乐的疲劳检测与调节系统[D]. 成都: 电子科技大学, 2020.
- [2] 舒林径, 吴松涛, 王 璜. 脑波音乐的临床应用及展望[J]. 国际口腔医学杂志, 2013(4): 511-512.
- [3] 鲍 婕. 音乐治疗在缓解精神压力方面的作用[D]. 上海: 上海音乐学院, 2018.
- [4] 马 将, 黄 洁, 韩振萍, 等. α波音乐对脑卒中后认知损害患者焦虑抑郁情绪及认知功能障碍的影响[J]. 河北医科大学学报, 2016, 37(3): 285-288.
- [5] Gao D, Long S, Yang H, et al. SWS brain-wave music may improve the quality of sleep: an EEG study [J]. Front Neurosci, 2020, 14: 67.
- [6] 赵 倩, 童孜蓉, 赵 鹏, 等. α脑波音乐在中型颅脑损伤病人的应用效果观察[J]. 护理研究, 2019, 33(5): 901-903.
- [7] McPherson T, Berger D, Alagapan S, et al. Active and passive rhythmic music therapy interventions differentially modulate sympathetic autonomic nervous system activity[J]. J Music Ther, 2019, 56(3): 240-264.
- [8] Peretz I. The nature of music from a biological perspective[J]. Cognition, 2006, 100(1): 1-32.
- [9] Compston A. The Berger rhythm: potential changes from the occipital lobes in man[J]. Brain, 2010, 133(Pt 1): 3-6.
- [10] 周长征, 黄梦婷, 杨 华, 等. 情绪缓解方法探析:聆听脑波音乐[J]. 电子科技大学学报(社会科学版), 2014, 16(4): 75-78.
- [11] 吴 丹. 基于脑电的脑波音乐研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2007.
- [12] 徐艳君. 基于不同类型音乐影响的脑电研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2021.
- [13] 尧德中, 吴 丹, 赖永秀, 等. 基于脑电和磁共振的音乐脑机制研究[J]. 中国生物医学工程学报, 2014, 33(6): 673-676.
- [14] Yeh WH, Hsueh JJ, Shaw FZ. Neurofeedback of alpha activity on memory in healthy participants: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Hum Neurosci, 2021, 14: 562360.
- [15] Markiewcz R. The use of EEG Biofeedback/Neurofeedback in psychiatric rehabilitation [J]. Psychiatr Pol, 2017, 51 (6) : 1095-1106.
- [16] Schönenberg M, Wiedemann E, Schniedt A, et al. Neurofeedback, sham neurofeedback, and cognitive-behavioural group therapy in adults with attention-deficit hyperactivity disorder: a triple-blind, randomised, controlled trial [J]. Lancet Psychiatry, 2017, 4(9): 673-684.
- [17] 施伯瀚, 朱 燕. 浅谈音乐疗法在神经康复中的应用[J]. 中国

- 康复, 2017, 32(3): 240-244.
- [18] 安 显, 余丽君, 郭凤娟. 声音干预及 $\alpha$ 脑波音乐对早产儿生长发育的影响[J]. 护理研究, 2014, 28(19): 2363-2364.
- [19] Klassen JA, Liang Y, Tjosvold L, et al. Music for pain and anxiety in children undergoing medical procedures: a systematic review of randomized controlled trials [J]. Ambul Pediatr, 2008, 8(2): 117-128.
- [20] 余 双, 朱勇敢, 杨 旭.  $\alpha$ 脑波音乐疗法与放松训练在局麻上睑下垂矫正术中的应用效果[J]. 组织工程与重建外科, 2021, 7(4): 331-334.
- [21] 于斯森. 缓压音乐中 $\alpha$ 脑波音乐的可视化研究[D]. 大连: 大连理工大学, 2020.
- [22] Alexander F. Stress coping via musical neurofeedback [J]. Adv Mind Body Med, 2018, 32(2): 17-20.
- [23] Ramirez R, Palencia-Lefler M, Giraldo S, et al. Musical neurofeedback for treating depression in elderly people[J]. Front Neurosci, 2015, 9: 354.
- [24] 朱宗丽, 罗 敏, 盛新娥. 沙盘游戏联合 $\alpha$ 脑波音乐疗法用于局部麻醉上睑下垂矫正术效果观察[J]. 中国乡村医药, 2023, 30(17): 23-25.
- [25] 王君策, 许瑞杰, 黄彬芯, 等. 脑波音乐干预疲劳的效果和机制探索[J]. 复旦学报(自然科学版), 2023, 9(1): 63-68, 82.
- [26] 关 伟, 王桂华, 苗凤茹. 巴洛克音乐疗法对脑卒中后认知障碍的疗效观察[J]. 阿尔茨海默病及相关病杂志, 2022, 8(4): 304-307.
- [27] YaI L. "Brain music" in the treatment of patients with insomnia [J]. Neurosci Behav Physiol, 1998, 28(3): 330-335.
- [28] 赵献敏, 杜彩霞, 高剑峰, 等.  $\alpha$ -脑波音乐在中医院校生理学实验双语教学中的应用与分析[J]. 光明中医, 2016, 31(2): 288-289.
- [29] 闫 艳. 不同时间 $\alpha$ 脑电波音乐干预对记忆效果影响的差异 [J]. 运动, 2015(16): 155-156.
- [30] 李 慧, 董英辉, 戴芳芳. 音乐治疗辅助心理护理对体外授精-胚胎移植妊娠结局的影响[J]. 护士进修杂志, 2017, 32(5): 444-446.
- [31] Phneah SW, Nisar H. EEG-based alpha neurofeedback training for mood enhancement [J]. Australas Phys Eng Sci Med, 2017, 40(2): 325-336.
- [32] 彭缨婷, 陈 萍. 阿尔法脑波音乐联合正念冥想改善脑外伤患者焦虑状态的效果观察[J]. 当代护士(下旬刊), 2020, 27(9): 1-4.
- [33] 吴晶晶, 韩 雪, 郑 岚. 阿尔法脑波音乐干预在急腹症手术患者术后恢复中的应用[J]. 齐鲁护理杂志, 2021, 27(2): 91-93.
- [34] 王 芸. 脑波音乐对缺血性脑卒中急性期患者卒中后疲劳的影响研究[D]. 南充:川北医学院, 2021.
- [35] Jafari Z, Kolb BE, Mohajerani MH. Neural oscillations and brain stimulation in Alzheimer's disease [J]. Prog Neurobiol, 2020, 194: 101878.
- [36] Takabatake K, Kunii N, Nakatomi H, et al. Musical auditory alpha wave neurofeedback: validation and cognitive perspectives [J]. Appl Psychophysiol Biofeedback, 2021, 46(4): 323-334.
- [37] Masood N, Farooq H. Comparing neural correlates of human emotions across multiple stimulus presentation paradigms [J]. Brain Sci, 2021, 11(6): 696.
- [38] Verrusio W, Ettorre E, Vicenzini E, et al. The Mozart Effect: A quantitative EEG study. [J]. Consciousness and Cognition, 2015, Sep:35:150-155.
- [39] Liu ZB, Liu YS, Zhao L, et al. Short-term efficacy of music therapy combined with  $\alpha$  binaural beat therapy in disorders of consciousness[J]. Front Psychol, 2022, 13: 947861.
- [40] 贾建平, 王舒衡. 阿尔茨海默病发病机制及治疗进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2023, 40(5): 387-390.
- [41] Liu M, Li Q, Bao Y, et al. Effect of low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS) combined with hyperbaric oxygen (HBO) on awakening of coma patients with traumatic brain injury[J]. J Healthc Eng, 2022, 2022: 6133626.
- [42] Wang Y, Yang Y, Wang Y, et al. Transcutaneous auricular vagus nerve stimulation improved brain connection activity on patients of disorders of consciousness: a pilot study [J]. Chung I Tsa Chih Ying Wen Pan, 2022, 42(3): 463-471.
- [43] 伍振国,任 玲,何 竞,等. 针灸治疗创伤性颅脑损伤疗效和安全性的Meta分析[J]. 重庆医学, 2022, 8(22): 3920-3926, 3931.
- [44] Wood KH, Memon AA, Memon RA, et al. Slow wave sleep and EEG delta spectral power are associated with cognitive function in Parkinson's disease[J]. J Parkinsons Dis, 2021, 11(2): 703-714.
- [45] Rezaei M, Mohammadi H, Khazaie H. Alpha-wave characteristics in psychophysiological insomnia [J]. J Med Signals Sens, 2019, 9(4): 259-266.
- [46] 陈 勇. 用天籁 $\alpha$ 脑波背景音乐创设优雅的居家自习环境 [J]. 黄钟(中国·武汉音乐学院学报), 2012, 1: 116-119.
- [47] Kausel L, Zamorano F, Billeke P, et al. Theta and alpha oscillations may underlie improved attention and working memory in musically trained children[J]. Brain Behav, 2024, 14(5): e3517.