

阿尔法脑波音乐对驾驶员处于疲劳症状的干预应用

李 瑄, 刘丽纯

江西中医药大学人文学院, 江西 南昌

收稿日期: 2025年4月14日; 录用日期: 2025年5月19日; 发布日期: 2025年5月31日

摘 要

目的: 探讨阿尔法脑波音乐对驾驶员处于疲劳驾驶症状下的干预效果。方法: 将2021年11月1日~2023年3月1日搜集的80位每次持续行驶里程近200公里或4小时的志愿者作为研究参照, 随机分为对照组和研究组各40例; 对照组采用常规干预措施(气味、声音、冷风、靠背角度调节等等), 研究组在对照组基础上采用以音乐疗法为铺垫的阿尔法脑波音乐干预; 比较两组干预前后疲劳症状、心率变化情况、方向盘修正幅度及眼睑闭合程度。结果: 干预后两组志愿者主观评定采用《卡罗琳斯卡嗜睡量表》(Karolinska Sleepiness Scale) (KSS)、《斯坦福睡眠尺度表》(Stanford Sleepiness Scale) (SSS)评分低于干预前, 研究组低于对照组($P < 0.01$), 研究组困倦程度, 刹车使用次数, 眨眼频率均低于对照组($P < 0.01$); 研究组志愿者警觉精神状态高于对照组($P < 0.05$)。研究组心率上升度和修正幅度均高于对照组, 疲劳指数研究组比对照组显著性高。结论: 在常规基础上实施阿尔法脑波音乐干预, 能够舒缓疲劳驾驶, 降低因此导致车祸发生的概率, 促进驾驶者精神状态的恢复, 提高人群的生活质量。

关键词

阿尔法脑波音乐, 疲劳驾驶, 音乐疗法

Application of Alpha Brain Wave Music to Intervene in Driver Fatigue Symptoms

Xuan Li, Lichun Liu

School of Humanities, Jiangxi University of Chinese Medicine, Nanchang Jiangxi

Received: Apr. 14th, 2025; accepted: May 19th, 2025; published: May 31st, 2025

Abstract

Objective: To explore the intervention effects of alpha brainwave music on drivers experiencing

文章引用: 李瑄, 刘丽纯(2025). 阿尔法脑波音乐对驾驶员处于疲劳症状的干预应用. *心理学进展*, 15(5), 595-604.
DOI: 10.12677/ap.2025.155335

symptoms of fatigue while driving. **Methods:** Eighty volunteers who drove nearly 200 kilometers or 4 hours each time between November 1, 2021, and March 1, 2023, were collected as research subjects and randomly divided into a control group and an experimental group of 40 each; the control group received conventional interventions (such as scents, sounds, cold air, and seat back angle adjustments), while the experimental group received alpha brainwave music intervention based on music therapy in addition to the control measures; the fatigue symptoms, heart rate changes, steering wheel correction amplitude, and eyelid closure degree were compared before and after intervention in both groups. **Results:** After intervention, the subjective ratings of the two groups using the Karolinska Sleepiness Scale (Karolinska Sleepiness Scale) (KSS) and Stanford Sleep Scale (Stanford Sleepiness Scale) (SSS) scores were lower than before intervention, with the experimental group scoring lower than the control group ($P < 0.01$). The experimental group showed lower levels of drowsiness, fewer brake usage times, and lower blink frequency compared to the control group ($P < 0.01$); the alertness and mental state of the experimental group volunteers were higher than those of the control group ($P < 0.05$). The experimental group also had higher heart rate increases and correction amplitudes compared to the control group, with a significantly higher fatigue index in the experimental group. **Conclusion:** Implementing alpha brainwave music intervention on top of routine measures can alleviate fatigue while driving, reduce the likelihood of accidents caused by such fatigue, promote the recovery of drivers' mental states, and improve the quality of life for the population.

Keywords

Alpha Brain Wave Music, Tired Driving, Music Therapy

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

疲劳是指机体因过度活动而导致的暂时性生理与心理功能减退的综合状态,典型表现包括反应迟钝、动作协调性降低、注意力分散等。根据劳动性质的不同,疲劳可分为多种类型。其中,那些需要同时投入脑力与体力,尤其涉及神经系统高度紧张的活动所引发的疲劳,被称为技术性疲劳(Brown, 1997)。疲劳驾驶特指驾驶过程中,由于睡眠不足或长时间驾驶所导致的上述疲劳状态。一旦驾驶员出现疲劳症状,通常会尝试通过提高音量、刺激嗅觉、改变温度或味觉等临时性手段加以缓解。

在现代社会,高强度的工作压力、缺乏规律的运动习惯以及不健康的饮食结构,使人更易陷入疲劳状态,从而间接增加疲劳驾驶引发交通事故的风险。研究指出,人体疲劳周期存在三个高风险时段:凌晨 2:00~6:00、上午 11:00~13:00 和下午 15:00~16:00,此时觉醒水平处于低谷。据中国公安部统计,2013 至 2018 年间全国共发生交通事故 168 万起,造成直接经济损失约 70 亿元。而美国国家公路交通安全管理局(NHTSA)报告称,该国每年因疲劳驾驶导致事故超过 10 万起,造成约 4 万起非致命伤害及 1550 人死亡,经济损失高达 12 亿美元。欧洲方面,德国约 25%的交通事故与疲劳驾驶相关,英国的比例则为 20%(李都厚,刘群,袁伟,刘浩学,2010)。应对这一全球性问题,各国科技企业积极开发智能解决方案。国际方面,谷歌和特斯拉已推出疲劳监测系统与智能驾驶辅助技术;国内如百度“阿波罗”智能驾驶平台则结合智能信控与车路协同等创新手段,向车企提供成熟的智能驾驶解决方案。

音乐疗法作为一种多维干预手段,其机制可从三个层面理解:物理层面通过声波共振与人体自主节律产生协同效应,促进生理节律平衡与机体协调性;生理层面通过调节内啡肽等神经递质水平,影响下

丘脑-垂体-肾上腺轴(HPA 轴)等内分泌系统活动;心理层面则能促进多巴胺等愉悦物质的释放,从而改善情绪与认知功能(宋黎喆雄, 李晓宇, 仇雅岚, 刘小雪, 张玉凤, 刘廷禄, 陈铭, 林法财, 2019),当前,音乐疗法已广泛应用于身心疾病的辅助治疗。文献计量分析显示,自1980年首篇音乐治疗研究发表以来,该领域文献数量持续增长,年均增长率达12.7%,显示出强劲的发展潜力(李凯礼必, 李蕊, 王雪强, 2022)。

阿尔法脑波(8~12 Hz, 振幅 20~100 μ V)是重要的脑电活动指标,具备如下特征:时相性——主要出现在清醒且放松的状态,在睡眠或情绪激动时消失;空间分布性——主要集中在顶叶和枕叶区域;波形特征——表现为近似正弦波的节律性振荡(吴晶晶, 韩雪, 郑岚, 2021)。研究表明,阿尔法脑波可显著干预疲劳状态,帮助大脑在清醒与放松间取得平衡,对集中注意力和情绪稳定有积极作用。

音乐疗法是一种新兴的应用型干预方式,已在疾病康复与身心发展促进等多个领域中展现出良好的效果。该疗法分为三类:接受式、再创造式与即兴演奏式。本研究采用接受式音乐疗法,通过音乐聆听过程实现干预与缓解效果,尤其针对疲劳状态具有明显改善作用。阿尔法脑波音乐干预作为一种特殊的心理干预方式,通过提升大脑中阿尔法波的活跃度,刺激内啡肽分泌,使身心达到深层次的放松和平静状态,同时增强警觉性,构建起意识与潜意识之间的“频率桥梁”。本研究对40例疲劳驾驶志愿者采用阿尔法脑波音乐进行干预,效果信息报告如下。

2. 资料与方法

2.1. 临床资料

将2021年11月1日~2023年3月1日搜集的80例每次持续行驶里程近200公里或4小时的志愿者作为研究参照。

纳入标准:①符合疲劳驾驶判断标准;②拥有我国机动车驾驶证;③年龄18~45岁;④双眼视力正常或矫正视力正常;⑤没有药物滥用及精神疾病史等症状;⑥试验前24小时无酒精、咖啡及功能饮料等神经兴奋物质摄入;⑦自愿填写知情同意书。

排除标准:①听力、视力异常者;②近期服用疼痛和精神类药物;③妊娠或哺乳期女性;④吊销机动车驾驶证未满两年;⑤有器质性心脏病、癫痫症、癔症以及影响肢体活动的神经系统疾病;⑥中途退出者。志愿者随机分成研究组和对照组各40例。研究组和对照组年龄18~40(40 ± 5)岁;研究实验时间为13:30~16:00(2 ± 1.5 h);驱使车辆类型均为小型汽车或客车;研究环境固定舒适,安静。

2.2. 方法

2.2.1. 对照组

采用常规干预措施。从生理的面部疲劳动态,单位时间内的眨眼次数、打哈欠时长、有无瞌睡、人脸摆动近似熵四个评估指标,使驾驶员对症状有正确认知,应针对性缓解驾驶员疲劳症状,并积极配合采用常规干预措施。志愿者可在干预前后填写《卡罗琳斯卡嗜睡量表》(Miley, Kecklund, & Akerstedt, 2017)、《斯坦福睡眠尺度表》(Kato, Shimada, & Hayashik, 2012)。

2.2.2. 研究组

本研究采用随机对照试验设计,在对照组常规干预措施的基础上,实验组额外接受 α 脑波音乐干预。干预方案融合了渐进式肌肉放松训练(Progressive Muscle Relaxation, PMR)与指导性音乐想象(Guided Imagery and Music, GIM)技术。参与者可根据个人习惯选择躺卧或坐姿进行练习,并依据个体喜好、性格特征等因素选择合适的 α 脑波音乐。

干预开始前, 研究人员引导志愿者闭上双眼, 通过语言调动感官觉知, 鼓励其聆听周围环境的声音, 感受身体与接触面的触感, 以及空间温度的变化。随后引导其进行深呼吸练习——吸气时将烦恼与焦虑聚集, 呼气时将其释放。此阶段持续约 10 分钟。接着播放 α 脑波音乐, 研究人员引导志愿者将注意力依次集中于双足、小腿、大腿、臀部、腰部、胸部、双臂、肩部及颈部等躯体部位, 引导其体验局部发热、放松的感觉。每个部位练习约 3 分钟, 总体干预时间为 15~20 分钟。音乐播放结束后, 研究者再次调动志愿者感官, 让其聆听环境声音, 感知空间特性与身体触感, 并逐步唤醒意识, 缓慢活动四肢, 恢复日常状态, 此环节持续约 10 分钟。

渐进式肌肉放松训练不仅可作为独立放松干预手段, 更常作为音乐想象技术的准备阶段, 帮助个体进入“意识转换状态”(Altered State of Consciousness, ASC)。在训练中, 通过对比肌肉紧张与放松的体验, 增强对身体状态的感知力。所选用音乐通常具有空灵、柔和、悦耳的特质, 融合自然元素如鸟鸣、溪流、回声等, 并搭配舒缓旋律, 营造沉浸式氛围, 引导志愿者产生深层的生理与心理反应, 促使大脑产生 α 波波动, 从而有意识地增强心理调节能力, 加速疲劳恢复。例如, 研究者可能引导志愿者进行如下想象: “请想象你正躺在一片绿色草地上……用手触摸清凉的溪水……深呼吸, 感受清新的空气……保持这种感受, 慢慢回到现实……”(王法涛, 李时慧, 2012)。

音乐干预活动结束前后, 参与者可填写《卡罗琳斯卡嗜睡量表》与《斯坦福睡眠量表》, 用于评估干预效果。

2.3. 观察指标

① 两组干预前后疲惫、精神情况; 志愿者主观采用卡罗琳斯卡嗜睡量表(Karolinska Sleepiness Scale) (KSS) 评定自己嗜睡情况。评分是 9 分制(1 分 = 非常警觉, 3 分 = 警觉, 5 分 = 既不警觉也不瞌睡, 7 分 = 嗜睡但不难保持清醒, 9 分 = 极度嗜睡, 无法保持清醒); 见表 1。

斯坦福睡眠尺度表(Stanford Sleepiness Scale) (SSS) 类似于上述测量表(7 个评定, 1 = 精力充沛, 头脑清醒, 毫无倦意; 4 = 一定程度的昏昏成成, 不精神; 7 = 不想努力保持清醒, 很快就入睡, 有做梦的感觉)。见表 2。

Table 1. Karolinska Sleepiness Scale (KSS) assessment form
表 1. 卡罗琳斯卡嗜睡量表评定表

精神状态	分值
极度清醒	1
非常清醒	2
清醒	3
有些清醒	4
既不清醒也不疲劳	5
开始出现疲劳的征兆(眼胀、眼干、眼痒)	6
有点困倦, 但保持清醒并没有困难(眼花、眼疲倦)	7
疲劳, 用一些努力来保持清醒(眼沉重, 想点头)	8
非常困倦, 很想睡觉(流泪, 眼刺痛, 视力模糊)	9

Table 2. Stanford Sleepiness Scale (SSS) assessment table
表 2. 斯坦福睡眠尺度表评定表

嗜睡的程度	评分
感觉精力充沛, 头脑清醒, 毫无倦意	1
精力较充沛, 但不是最佳状态, 能够集中注意力	2
清醒但有些松散, 对外界的刺激有反应但不够警觉	3
有一定程度的昏昏沉沉, 不精神	4
昏昏沉沉, 在清醒时对周围事物兴趣不大, 迟钝	5
瞌睡, 很想躺下; 但努力保持头脑清醒; 头昏	6
不想再努力保持清醒; 很快就入睡; 有做梦的感觉	7
睡着	X

② 客观使用辅助设备测量驾驶员的生理和心理参数。我国正常成年人的心率是每 75 次/min 左右, 现今一些智能手环、指环和手表支持 HRV 的检测(朱守林, 严杰, 李航天, 解松芳, 2022)。心率变异性 HPV (heart rate variability)是连续正常(窦性)心动周期之间时间上的微小差异, 通常是以分析心电信号, 中的 RRI 间期序列获得(向洪义, 张琼敏, 王俊杰, 王思平, 廖志康, 孙丽璐, 李奎, 赵辉, 2022)。脉搏波每分钟搏动的次数(即脉率)和心率是一致的, 所以我们可用智能手环中的脉搏波信号中的峰值间期代替心电信号中的 RRI 来进行 HPV 的计算。

对照组与研究组分别佩戴同一智能手环, 脉搏波进行预处理, 提取脉搏波峰值并计算间期, 得到时域指标 MEAN。

时域指标 MEAN 表达了 RRI 间期的平均值, 其大小能反映心率变异性的平均水平。研究表明, MEAN 指标越低, 精神压力越大, 驾驶人员越疲劳; 反之同理(罗杰, 程鹏, 陆百川, 徐进, 洪进, 杨宗平, 2019)。

③ 两组志愿者行驶状况: 车速、车道位置、交叉线运动、车道脱离程度、转向运动等形式化的状态参数(张希波, 成波, 冯睿嘉, 2010)。基于车辆的运行状态, 两组成员统一左手佩戴智能手表采集转向信息。研究学者万蔚等已对转向, 角度, 位置等的样本熵进行分析, 构建了 BP 神经网络的驾驶员疲劳驾驶判别算法(万蔚, 王振华, 王保菊, 2016)。我们可通过两组干预后, 再次模拟驾驶情境, 通过智能手环的角度采集方向盘角度的转变。

④ 驾驶员的眼部运动特征计算: 单位时间内计算眨眼次数。使用 Dlib 将人脸视为可分别的 68 个数据点, 后放大人眼的 6 个关键点(胡峰松, 程哲坤, 徐青云, 彭清舟, 全夏杰, 2022)。

使用眼睛纵横比, 衡量眼睛睁开与闭合程度, 眼睛睁开 EAR 越大数值越大, 反之数值越小越接近 0。经验证, EAR 值设置为 0.15 时检测精度较高, 故设定 EAR 小于 0.15 时, 判定眼睛闭合。得到眼睛闭合帧数和总帧数利用公式计算单位时间内的眨眼次数(PERCLOS)表明眼睛闭合一定比例所占时间。

2.4. 统计学方法

采用 SPSS 与 EXCEL 软件处理数据。数据样本检验条件采取正态性检验和方差齐性检验。数据分析涉及配对样本 t 检验。

2.4.1. 数据检验方法

- (1) 正态性检验
 - a) 建立假设, 确定检验水准。

H_0 : X 服从正太分布。

H_1 : X 不服从正太分布。

$\alpha = 0.05$

b) 计算检验统计量

c) 做出统计推断结论

若 $p > 0.05$, 按 $\alpha = 0.05$ 水准不拒绝 H_0 , 接受正态性假设; 若 $p \leq 0.05$, 按 $\alpha = 0.05$ 水准拒绝 H_0 , 接受 H_1 , 舍弃正态性假设。

(2) 方差齐性检验

a) 建立假设检验, 确定检验水平。

$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \cdots = \sigma_g^2$, 即多个总体方差全相等。

H_1 : 各个总体方差不全相等。

$\alpha = 0.10$

b) 计算检验统计量

c) 确定 P 值, 做出统计推断结论

以相对自由度查询 F 分布界值表得到结论, 若 $p < 0.10$, 按 $\alpha = 0.10$ 水准不拒绝 H_0 , 接受 H_1 ; 若 $p > 0.10$, 按 $\alpha = 0.10$ 水准不拒绝 H_0 , 可认可各样本方差齐性。

2.4.2. 数据分析方法

(1) 配合样本 t 检验

t 检验是通过比较不同数据的均值, 研究两组数据之间是否存在显著差异。配合样本 t 检验用于比较配对的连续变量 X_1 与连续变量 X_2 之间的差异情况, 同时要求配对变量差值呈正态性分布。配对样本特征, 两个样本的样本容量相同; 两个样本观测值的先后顺序是一一对应的, 不能随意改变。

配对设计是将被试按一定条件配成一对(同种属、同体重同年龄、同性别等), 再随机分配每对中的两个被试到不同的处理组。其实施的主要形式有: 1) 将被试按一定条件配成对子, 再随机分配每对中的两个被试到不同的处理组; 2) 同一被试分别接受两种不同处理, 其目的是推断两种处理的效果有无差别。

a) 建立假设, 确定检验水准。

$H_0: \mu_d = 0$ (μ_d 为总数均数);

$H_1: \mu_d \neq 0$

$\alpha = 0.05$

b) 计算检验统计量。

c) 确定 p 值, 作出统计推断结论。

查 t 界值表, 若 $p < 0.05$, 按 $\alpha = 0.05$ 水准拒绝 H_0 , 接受 H_1 ; 若 $p \geq 0.05$, 按 $\alpha = 0.05$ 水准不拒绝 H_0 , 两者的差别无统计学意义。

3. 结果

通过分析疲劳驾驶的产生形式, 并伴随出现的生理, 非生理的症状, 提出面对疲劳驾驶的常规干预与阿尔法脑波干预的研究对照。可以通过心率信号和呼吸频率较为直观的观察人体生理反应, 驾驶员的主观嗜睡表和眼部运动计算等反应对照两组情况。音乐阿尔法波对人体疲劳有一定的影响, 并介绍所涉及的统计学分析方法, 为疲劳驾驶识别与干预的研究提供理论研究基础。

两组干预前后卡罗琳斯卡嗜睡量表(Karolinska Sleepiness Scale) (KSS)、斯坦福睡眠尺度表(Stanford

Sleepiness Scale) (SSS)评分比较见表 3。

Table 3. Comparison of KSS and SSS scores before and after intervention in both groups
表 3. 两组干预前后 KSS、SSS 评分比较

组别 n	KSS 评分		SSS 评分	
	干预前	干预后	干预前	干预后
研究组 40	6.5 ± 2.67	4 ± 2.27	4.5 ± 2.58	3 ± 1.64
对照组 40	6 ± 2.29	4 ± 2.15	5 ± 2.67	4.5 ± 1.54
t 值	0.263	2.713	0.246	3.194
p 值	0.794	0.008	0.806	0.002

注：与同组干预前对比， $p < 0.05$ 。

在测验干预后，驾驶员对自己的主观疲劳感受，采用样本配对 t 检验在 $\alpha = 0.05$ 检验水平下，阿尔法脑波音乐干预驾驶后，志愿者的主观疲劳度差值服从正太分布；研究前后主观疲劳程度存在显著差异。

Table 4. Comparison of eye movement characteristics before and after intervention in two groups
表 4. 两组干预前后眼部运动特征计算比较

组别 n	眼部运动特征计算	
	干预前	干预后
研究组 40	0.0801	0.1694
对照组 40	0.8431	0.1426

使用眼睛纵横比，干预后眼部运动大于干预前，比较 0.15 的检测精度，数值越大，眼睛闭合程度越小。见表 4。

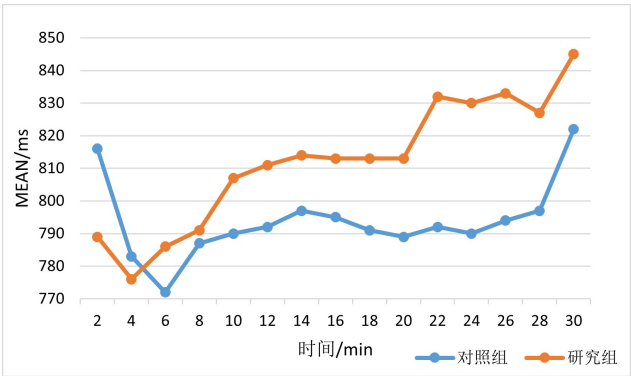


Figure 1. Mean time variation of heart rate variability
图 1. 心率变异性的 Mean 时间变化图

从图 1 可见，在接受阿尔法脑波音乐干预后，Mean 指标在 770~850 之间浮动，两组整体上均呈现出先下降再波动上升的总体趋势，前 6 分钟呈下降趋势，后续上升。驾驶人员的精神压力逐渐减少，疲劳程度得到缓解。但研究组在数据上大多数明显高于对照组，可知阿尔法音乐对于一般方法更快速有效地

缓解疲劳。

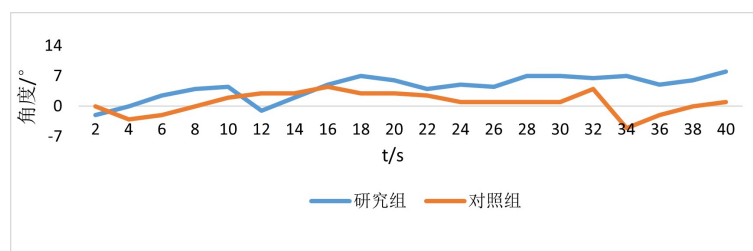


Figure 2. Steering wheel angle waveform after intervention

图 2. 干预后方向盘角度波形

就图 2 可知,研究组的起伏度大于对照组,当折线起伏保持一段相对稳定水平时或是突然降低表明,方向盘修正频度减少,大幅度修正。研究组的修正频度减少的次数少于对照组,并有相对灵活的调整性,而对照组的修正频度呈减少状态,有一次大幅度修正,说明车辆明显偏离车道线从而驾驶人员需大幅度修正。所以研究组的干预效果显然优于对照组。

4. 结论与讨论

4.1. 研究结论

随着人们生活水平的提高,无论是在长途工作还是旅行中,疲劳驾驶引发的交通事故已成为一个严重的社会问题。因此,社会各界,包括企业与平台,纷纷针对疲劳驾驶开展技术检测与干预研究。本文聚焦于基于音乐治疗学的阿尔法脑波音乐对驾驶员疲劳状态的干预作用,围绕音乐对人脑的研究意义及其现状展开探讨。研究内容涵盖疲劳驾驶的现象分析、音乐治疗法的干预实践、主观性量表评估、眼睑闭合程度的测量、心率变异性采集,以及音乐脑波对呼吸频率变化的直观缓解效果。研究结论主要包括以下几个方面:

1) 探讨有效的音乐治疗干预方法:大众普遍认为音乐治疗等同于放松音乐,这是一种误解。音乐治疗不仅用于放松,更是一种通过调节生理和心理状态来干预疲劳的手段。研究表明,当人听音乐时,其心率减缓、血压降低、肌肉张力和皮肤电活动下降,血管扩张、肾上腺素减少,内啡肽分泌增加等生理反应均有助于身心放松。真正的放松状态表现为身体感觉轻盈、无重、甚至“消失感”。在此基础上,本文引入指导性音乐想象,通过放缓语速、降低语调并配合志愿者的呼吸节奏来增强干预效果。指导语遵循“简单、重复、可预测”的原则,提高引导的有效性。

2) 阿尔法脑波音乐对疲劳状态心率变异性的影响:本文通过智能手环中脉搏波信号的峰值间期替代心电信号中的 RRI,进行心率变异性(HRV)计算。时域指标 MEAN 代表 RRI 间期的平均值,反映心率变异性的平均水平。研究发现,MEAN 值越低,表明驾驶员精神压力越大,疲劳程度越高;反之,MEAN 值越高,精神压力越小,疲劳程度越低,说明阿尔法脑波音乐具有一定的缓解作用。

3) 研究阿尔法脑波音乐对眼睑闭合程度的影响:利用 Dlib 算法识别面部 68 个关键点,提取眼部 6 个特征点,计算眼睛纵横比(EAR)。当 $EAR < 0.15$ 时判定为闭眼, > 0.15 为睁眼。通过分析眼睛闭合帧数与总帧数的比例,计算单位时间内的眨眼次数(PERCLOS),从而间接评估疲劳状态。结果显示,在音乐干预下,眼睑闭合的频率和程度均有所改善。

综合以上数据分析,本文认为阿尔法脑波音乐对缓解疲劳驾驶具有积极作用,并通过脑电信号、眼部运动指标、卡罗琳斯卡嗜睡量表与斯坦福嗜睡量表的综合评估进行验证。数据处理采用正态性检验、

方差齐性检验及配对样本 t 检验, 使行为数据分析更为科学严谨。该研究为音乐与脑波结合应用于疲劳干预领域提供了新的思路和尝试。

4.2. 研究局限与展望

疲劳驾驶的干预研究是交通安全、社会治理与科技应用的热点方向。本文以脑电信号为支撑, 探讨阿尔法脑波音乐在疲劳干预中的应用, 虽取得初步成果, 但仍存在以下不足之处:

1) 样本量与样本结构的局限: 本研究样本数量有限, 且以年轻人为主, 中老年群体较少。由于不同年龄段的脑电活动存在差异, 音乐治疗在不同人群中的效果亦不相同。因此, 未来研究需扩大样本数量, 并提高年龄结构的均衡性, 以增强研究结果的普适性和推广价值。

2) 音乐治疗方法单一, 专业化程度有待提升: 本研究主要采用接受式音乐治疗法, 方法相对单一。研究人员对音乐治疗的掌握仍处于初级阶段, 未来应加强专业培训, 深入学习音乐心理治疗理论与实践, 拓展研究广度与深度。

3) 心电信号特征选取与采集手段可多样化: 由于心电信号采集较为复杂, 本文使用脉搏波代替 HRV 信号。未来可尝试更多特征指标, 如频域特征中的 LF/HF 比值等, 也可引入更精准的便携设备, 提高数据质量与采集便捷性。同时, 可进一步探索阿尔法波与其他脑电波频段的交互关系, 丰富分析维度。

4) 结合实际驾驶场景开展干预实验: 目前实验环境多为实验室模拟, 缺乏实际驾驶情境验证。未来可在真实或半真实驾驶环境中开展阿尔法脑波音乐干预研究, 模拟驾驶疲劳场景, 检验其在实际操作中的应用效果, 为疲劳驾驶的综合干预提供更具实用性的参考和路径。

5. 结语

本研究通过多维度评估, 验证阿尔法脑波音乐对驾驶员疲劳症状的显著性干预效果。与其他刺激如嗅觉等相比更具有优势。在生理调节功能中音乐声波与大脑阿尔法物理同步, 多巴胺唤醒得到充分体验, 为疲劳驾驶提供了普遍性、兼容性的解决方案。

参考文献

- 胡峰松, 程哲坤, 徐青云, 彭清舟, 全夏杰(2022). 基于多特征融合的疲劳驾驶状态识别方法研究. *湖南大学学报(自然科学版)*, 49(4), 100-107.
- 李都厚, 刘群, 袁伟, 刘浩学(2010). 疲劳驾驶与交通事故关系. *交通运输工程学报*, 10(2), 104-109.
- 李凯礼, 李蕊, 王雪强(2022). 音乐治疗改善疼痛的研究进展. *中国康复医学杂志*, 37(1), 112-116.
- 罗杰, 程鹏, 陆百川, 徐进, 洪进, 杨宗平(2019). 基于驾驶员心率变异性的光学隧道驾驶负荷分析. *重庆理工大学学报(自然科学)*, 33(8), 44-50, 64.
- 宋黎喆雄, 李晓宇, 仇雅岚, 刘小雪, 张玉凤, 刘廷禄, 林法财, 等(2019). 音乐疗法在身心疾病中的应用. *中华中医药杂志*, 34(9), 4186-4189.
- 万蔚, 王振华, 王保菊(2016). 基于驾驶行为的疲劳驾驶判别算法研究. *道路与安全*, 16(6), 21-24.
- 王法涛, 李时慧(2012). 音乐渐进放松配合音乐心率训练对运动性疲劳消除的研究. *中国体育科技*, 48(4), 108-112, 136.
- 吴晶晶, 韩雪, 郑岚(2021). 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. *齐鲁护理杂志*, 27(2), 91-93.
- 向洪义, 张琼敏, 王俊杰, 王思平, 廖志康, 孙丽璐, 赵辉, 等(2022). 基于心率变异性和呼吸频率的驾驶疲劳识别模型研究. *陆军军医大学学报*, 44(13), 1299-1306.
- 张希波, 成波, 冯睿嘉(2010). 基于方向盘操作的驾驶人疲劳状态实时检测方法. *清华大学学报(自然科学版)*, 50(7), 1072-1076, 1081.
- 朱守林, 严杰, 李航天, 解松芳(2022). 基于心率变异性的草原公路驾驶疲劳恢复调节方式. *科学技术与工程*, 22(15), 6362-6368.

- Brown, I. D. (1997). Prospects for Technological Countermeasures against Driver Fatigue. *Accident Analysis & Prevention*, 29, 525-531. [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(97\)00032-8](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(97)00032-8)
- Kato, C., Shimada, J., & Hayashi, K. (2012). Sleepiness during Shift Work in Japanese Nurses: A Comparison Study Using JESS, SSS, and Actigraphy. *Sleep and Biological Rhythms*, 10, 109-117. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2011.00528.x>
- Miley, A. Å., Kecklund, G., & Åkerstedt, T. (2017). Erratum To: Comparing Two Versions of the Karolinska Sleepiness Scale (KSS). *Sleep and Biological Rhythms*, 15, 341-341. <https://doi.org/10.1007/s41105-017-0111-0>