

# 声乐训练对干眼人群泪膜稳定性的即时效应

刘丹霞<sup>1\*</sup>, 胡 轲<sup>2\*</sup>, 王 陵<sup>3</sup>, 刘小燕<sup>2</sup>, 张敏芝<sup>2</sup>, 孙丽娟<sup>2</sup>

引用: 刘丹霞, 胡轲, 王陵, 等. 声乐训练对干眼人群泪膜稳定性的即时效应. 国际眼科杂志, 2026, 26(8): 1479–1484.

基金项目: 西京医院医务人员培养助推计划项目 (No.XJZT26CX55); 西京医院医务人员技术提升项目 (No.2025XJSD08)

作者单位: (710032) 中国陕西省西安市, 空军军医大学<sup>1</sup>基础医学院; <sup>3</sup>卫生统计学教研室; <sup>2</sup>(710032) 中国陕西省西安市, 空军军医大学西京医院眼科 全军眼科研究所

\* 刘丹霞和胡轲对本文贡献一致。

作者简介: 刘丹霞, 硕士, 讲师, 研究方向: 音乐治疗; 胡轲, 在读硕士研究生, 研究方向: 眼表疾病诊疗。

通讯作者: 孙丽娟, 博士, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 眼表疾病诊疗. [sunlijuan777@126.com](mailto:sunlijuan777@126.com)

收稿日期: 2026-05-29 修回日期: 2026-06-29

## 摘要

**目的:** 评估声乐训练对干眼人群泪膜稳定性的即时效应。

**方法:** 前瞻性交叉对照研究。于 2026 年 4 月 1 日至 2026 年 4 月 20 日招募自愿参与者 [ 经眼表疾病指数 - 6 (OSDI-6) 量表评分为 4–8 分的轻度至中度干眼者 ]。随机分为两组进行不同顺序的两次干预, A 组第一次干预中进行 50 min 标准化声乐训练, B 组为空白对照; 第二次干预两组交换干预方式, 干预之间的洗脱期为 1 wk。记录每次干预后即时的干眼症状变化问卷 (CDES-Q) 评分、每次干预前后的非侵入性泪膜破裂时间 (NIBUT), 包括首次 NIBUT 和平均 NIBUT 以及泪河高度 (TMH)。

**结果:** 本研究共招募符合条件的参与者 32 例 64 眼, 所有参与者均按计划完成了此次研究。随机分为两组进行不同顺序的两次干预, A 组 16 例 32 眼中男 3 例, 女 13 例, 平均年龄  $61.69 \pm 4.56$  岁, 平均 OSDI-6 量表评分  $5.750 \pm 1.183$  分; B 组 16 例 32 眼中男 3 例, 女 13 例, 平均年龄  $63.19 \pm 1.56$  岁, 平均 OSDI-6 量表评分  $5.250 \pm 1.438$  分。两组参与者干预前一般资料比较均无差异 ( $P > 0.05$ )。声乐训练干预后, 首次 NIBUT 净效应量为  $1.883$  s ( $P = 0.042$ ), 平均 NIBUT 净效应量为  $2.076$  s ( $P = 0.019$ ), TMH 无明显变化 ( $P = 0.652$ ), CDES-Q 量表评分差值为  $-47.188$  ( $P < 0.001$ )。进一步个体数据分析显示 59% 的参与者在声乐训练后首次 NIBUT 延长, 50% 的参与者平均 NIBUT 延长。

**结论:** 声乐训练可即时改善泪膜稳定性, 该疗法用于干眼治疗, 为后续规模化与长期研究提供了参考依据。

**关键词:** 干眼; 声乐训练; 泪膜; 心身疗法; 交叉对照研究

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.8.29

## Immediate effect of vocal training on tear film stability in people with dry eye

Liu Danxia<sup>1\*</sup>, Hu Ke<sup>2\*</sup>, Wang Ling<sup>3</sup>, Liu Xiaoyan<sup>2</sup>, Zhang Minzhi<sup>2</sup>, Sun Lijuan<sup>2</sup>

**Foundation items:** Xijing Hospital Medical Staff Training Boosting Program (No. XJZT26CX55); Xijing Hospital Medical Staff Technical Improvement Program (No.2025XJSD08)

<sup>1</sup>School of Basic Medicine; <sup>3</sup>Department of Health Statistics, Air Force Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China;

<sup>2</sup>Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Eye Institute of PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

\* Co-first authors: Liu Danxia and Hu Ke

**Correspondence to:** Sun Lijuan. Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Eye Institute of PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China. [sunlijuan777@126.com](mailto:sunlijuan777@126.com)

Received: 2026-05-29 Accepted: 2026-06-29

## Abstract

• **AIM:** To evaluate the immediate effect of vocal training on tear film stability in patients with dry eye disease.

• **METHODS:** A prospective crossover controlled study. From April 1 to April 20, 2026, volunteers with mild-to-moderate dry eye [ Ocular Surface Disease Index - 6 (OSDI-6) score: 4–8 ] were enrolled. Participants were randomly allocated into two groups to receive two interventions in different sequences. Group A underwent a 50-min standardized vocal training session during the first intervention, while Group B served as a blank control; The two groups crossed over to the alternative intervention for the second session, with a 1-week washout period between the two interventions. The immediate post-intervention changes in Dry Eye Symptoms Questionnaire (CDES-Q) score, pre- and post-intervention non-invasive tear film breakup time (NIBUT), including first NIBUT and average NIBUT, as well as tear meniscus height (TMH), were recorded for each session.

• **RESULTS:** A total of 32 eligible participants (64 eyes) were enrolled and completed the study per protocol. The participants were randomly assigned to two groups with different intervention sequences. Group A (16 participants, 32 eyes) comprised 3 males and 13 females, with a mean age of  $61.69 \pm 4.56$  y and a mean OSDI-6 score of  $5.750 \pm 1.183$ . Group B (16 participants, 32 eyes)

comprised 3 males and 13 females, with a mean age of  $63.19\pm1.56$  y and a mean OSDI-6 score of  $5.250\pm1.438$ . There were no significant differences in baseline characteristics between the two groups ( $P>0.05$ ). After vocal training intervention, the net effect size for first NIBUT was 1.883 s ( $P=0.042$ ), and for average NIBUT was 2.076 s ( $P=0.019$ ). No significant change was observed in TMH ( $P=0.652$ ). The CDES-Q score difference was -47.188 ( $P<0.001$ ). Further individual data analysis revealed that 59% of participants exhibited prolonged first NIBUT and 50% exhibited prolonged average NIBUT after vocal training.

• CONCLUSION: Vocal training can immediately improve tear film stability. This therapeutic approach shows promise for dry eye management and provides a reference for future large scale and long-term investigations.

• KEYWORDS: dry eye disease; vocal training; tear film; mind-body therapy; crossover controlled study

**Citation:** Liu DX, Hu K, Wang L, et al. Immediate effect of vocal training on tear film stability in people with dry eye. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026,26(8):1479-1484.

0 引言

干眼是患病率最高的眼表疾病,当前全球患病率为5%-50%<sup>[1]</sup>。主流观点认为,干眼发生的核心机制是多种诱因导致的泪膜稳定性下降所引起的眼表微环境破坏<sup>[2]</sup>。现代生活节奏紧凑,社会压力陡然增加,焦虑和抑郁情绪出现频繁,精神、心理因素作为干眼的致病因子,其重要性逐渐凸显。研究显示,焦虑人群的干眼发病率显著高于非焦虑人群<sup>[3]</sup>,其干眼主观量表评分与其焦虑程度呈正相关,干眼症状更为严重<sup>[4]</sup>,在多因素回归分析中,参与者的心理状态评分是干眼症状严重程度的独立预测指标<sup>[5]</sup>。可能的病理生理机制为:慢性压力激活交感神经系统和下丘脑-垂体-肾上腺轴,导致泪腺中免疫、代谢和神经通路的节律性基因表达显著丢失,影响泪液分泌功能,引起一系列眼表损伤<sup>[6-7]</sup>。因此,干眼也被广泛认为是一类心身疾病<sup>[8-9]</sup>。

目前干眼的临床疗法包括药物与物理干预,主要是对泪液分泌不足、睑板腺功能障碍等眼表器质性病变的对症处理,而缺少应对慢性压力干眼机制通路的治疗。音乐治疗作为一种典型的心身疗法,已在多种全身疾病的干预中展现出较好的预防和改善效果<sup>[10-12]</sup>,在干眼的治疗方面也有一些成功应用:一项随机对照研究显示,在常规人工泪液治疗的基础上增加“眼部按摩八法配合五行音乐疗法”,能够显著提高治疗总有效率,并客观延长泪膜破裂时间<sup>[13]</sup>。另一项针对伴有焦虑或抑郁情绪的干眼患者的研究发现,在药物治疗基础上联用音乐疗法后,患者的眼表疾病指数评分显著低于单纯药物治疗组,证实音乐疗法有助于改善干眼患者的主观症状体验<sup>[14]</sup>。

目前音乐疗法在眼表疾病领域的应用研究仍处于起步阶段。而且已有针对干眼的音乐干预研究均为被动聆听式音乐疗法,未能充分利用患者主动发声行为所带来的呼吸力学调节、迷走神经激活及面部肌群运动等多重生理

效应,而在既往类似研究中已证明,主动发声训练对于泪膜稳定性具有积极影响。一项为期8 wk的标准化笑声训练显示,相较于使用0.1%玻璃酸钠滴眼液的对照组,笑声训练组的泪膜破裂时间有显著改善<sup>[15]</sup>。为验证声乐训练对改善干眼的即时效应,我们设计了一种标准化的声乐训练方法,通过对比训练前后患者的泪河高度与泪膜破裂时间的改变,以及主观量表评分的差异,综合评判声乐训练在干眼治疗中的可行性,为心身疗法用于眼表疾病的干预提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性交叉对照研究。于2026年4月1日至2026年4月20日招募自愿参与者[经眼表疾病指数-6(ocular surface disease index-6,OSDI-6)量表评分为4-8分的轻度至中度干眼者]。随机分为两组进行不同顺序的两次干预,A组第一次干预中进行50 min标准化声乐训练,B组为空白对照;第二次干预两组交换干预方式,干预之间的洗脱期为1 wk。纳入标准:(1)年龄50-65岁,本校教职员工或家属;(2)自愿接受标准化声乐疗法和眼表相关检查,可按照试验设计完成相关训练和检测。排除标准:(1)试验开始前2 wk内接受过任何形式的干眼治疗;(2)眼科手术史或外伤史;(3)试验开始前1 mo内罹患急性眼部过敏性或感染性疾病。本研究严格遵循《赫尔辛基宣言》要求,并通过空军军医大学西京医院伦理委员会批准(No.KY20262166-F-1号),所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算方法 根据前期在同类人群中进行的预试验得出本研究所需最小样本量为30例(显著性水平0.05、检验效能0.8、预期变异系数0.26,基于R语言PowerTOST包运算)。试验开始前,将符合条件的参与者按随机数字表1:1分为两组,同时确保两组间的年龄无统计学差异,性别比例一致,以排除年龄和性别差异对试验的干扰<sup>[16]</sup>。

1.2.2 标准化声乐训练干预方法 由同一名专业音乐教员设计和组织实施。具体内容包括:(1)音乐热身(5 min),播放带有间歇性的欢快曲目《音乐有个洞》。参与者先于座位中聆听并辨识乐曲间歇。自第3次间歇起,要求参与者在每一间歇的最后一拍以击掌方式做出响应。在熟悉节拍规律后,请参与者站立并在房间内空旷区域随节拍自由行走。在停拍瞬间设计多样化的停拍动作,如全身静止、举起右手、抬起右脚、与途经同伴击掌、脚与脚相触、两人拥抱及三人拥抱等动作。此阶段为为缓解初始拘谨状态并激活歌唱相关器官功能的环节。(2)歌唱基本要素讲解(10 min),系统讲解歌唱的五大基本要素:呼吸、发声、共鸣、语言及情感表达。由教员进行示范引导,带领参与者进行基础练习,建立正确的歌唱感知与初步技能。(3)歌曲演唱(35 min),选取《送别》《军港之夜》《大海啊故乡》《我和我的祖国》四首歌曲。首先在歌唱状态的呼吸、发声、共鸣及咬字方法的指导下,以带有歌唱属性的声音状态进行大声朗诵歌词,为演唱建立清晰的咬字与气息支持基础。之后在朗诵所建立的声音状态基础上,进行歌曲演唱,过程中要求参与者自然提起笑肌(颧大肌),以维持良好的面部共鸣状态,并借此促进眼部姿态改善,兼顾嗓音健康与眼部生理调节。整个过程用时50 min。空白

对照为同等时长的眼科健康知识讲座,各组均由同一名眼科医师分别宣讲。

**1.2.3 试验方法** 所有参与者按照分组接受两次不同方式的干预。A 组在第一次干预中进行标准化声乐训练,B 组则为同等时长的空白对照。干预前后由同一名医技人员使用统一的眼表综合分析仪,采集两组人员的非侵入性泪膜破裂时间(non-invasive tear break-up time, NIBUT),包括首次 NIBUT 和平均 NIBUT,以及泪河高度(tear meniscus height, TMH)。所有数据的采集为无干扰、非接触操作,结果由电脑自动计算分析,相较于常规泪膜破裂时间检测更加接近真实状态,且在多次测量中具有较高的稳定性<sup>[17]</sup>。第二次干预前的洗脱期为 1 wk,在此期间参与者将不接受任何干眼相关的处理。在第二次干预中,两组的处理方式交换,即 A 组为空白对照,B 组进行标准化声乐训练,之后再次采集上述眼表指标数据。每次干预后,参与者填写干眼症状变化问卷(change in dry eye symptoms questionnaire, CDES-Q),该问卷用于即时评估参与者的主观症状的变化<sup>[18]</sup>,原始打分经换算得到问卷分(范围-100-100分),负值表示症状改善,正值表示症状恶化,0 分为无变化。

统计学分析:使用 R4.5.2 对数据进行统计分析,GraphPad Prism 10.1 用于统计图绘制。计数资料用

例(%)表示,计量资料用  $\bar{x}\pm s$  表示,组间比较使用独立样本 *t* 检验,组内比较使用配对样本 *t* 检验。本研究的主要观测指标为泪膜破裂时间变化量(首次 NIBUT、平均 NIBUT),次要指标为 TMH 和 CDES-Q 评分变化量。由于干眼的发生机制和本次试验的干预措施均无眼别差异,两眼间差异远小于个体间差异,使用双眼数据能更好反映试验的干预效果,因此采用每位参与者双眼数据均值表示和 CDES-Q 评分一同纳入混合效应模型进行分析,所有分析中 *P*<0.05 认为差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 两组参与者干预前一般资料比较** 本研究共招募符合条件的参与者 32 例 64 眼,其中女 26 例,男 6 例,OSDI-6 量表评分 5.91±1.16 分,所有参与者均按计划完成了此次研究。随机分为两组进行不同顺序的两次干预。两组参与者干预前一般资料比较差异均无统计学意义(*P*>0.05),见表 1。

**2.2 两组参与者两次干预前后各指标比较** 两组参与者两次干预前、干预后首次 NIBUT、平均 NIBUT、TMH 比较差异均无统计学意义(*P*>0.05),各组组内干预前后首次 NIBUT、平均 NIBUT、TMH 比较差异均无统计学意义(*P*>0.05),见表 2-4。两组参与者两次干预后 CDES-Q 评分比较结果见表 5。

表 1 两组参与者干预前一般资料比较

| 分组       | 例数(眼数) | 性别(男/女,例) | 年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁) | OSDI-6 量表评分( $\bar{x}\pm s$ ,分) |
|----------|--------|-----------|------------------------|---------------------------------|
| A 组      | 16(32) | 3/13      | 61.69±4.56             | 5.750±1.183                     |
| B 组      | 16(32) | 3/13      | 63.19±1.56             | 5.250±1.438                     |
| <i>t</i> |        |           | 1.270                  | 1.074                           |
| <i>P</i> |        |           | 0.219                  | 0.291                           |

表 2 两组参与者两次干预前后首次 NIBUT 比较

( $\bar{x}\pm s$ ,s)

| 分组       | 眼数 | 第一次         |             |          |          | 第二次         |             |          |          |
|----------|----|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|
|          |    | 干预前         | 干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> | 干预前         | 干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> |
| A 组      | 32 | 3.791±2.621 | 5.134±2.923 | 1.368    | 0.182    | 4.756±3.049 | 3.450±2.691 | 1.285    | 0.209    |
| B 组      | 32 | 4.122±2.266 | 3.634±1.600 | 0.704    | 0.487    | 4.084±2.011 | 4.713±3.562 | 0.615    | 0.543    |
| <i>t</i> |    | 0.382       | 1.800       |          |          | 0.736       | 1.132       |          |          |
| <i>P</i> |    | 0.704       | 0.082       |          |          | 0.467       | 0.266       |          |          |

表 3 两组参与者两次干预前后平均 NIBUT 比较

( $\bar{x}\pm s$ ,s)

| 分组       | 眼数 | 第一次         |             |          |          | 第二次         |             |          |          |
|----------|----|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|
|          |    | 干预前         | 干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> | 干预前         | 干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> |
| A 组      | 32 | 4.872±2.817 | 6.491±3.180 | 1.524    | 0.138    | 6.394±3.373 | 4.938±2.879 | 1.313    | 0.199    |
| B 组      | 32 | 6.119±2.374 | 5.168±1.936 | 1.242    | 0.224    | 6.331±2.524 | 6.456±2.931 | 0.129    | 0.898    |
| <i>t</i> |    | 1.354       | 1.421       |          |          | 0.061       | 1.478       |          |          |
| <i>P</i> |    | 0.186       | 0.166       |          |          | 0.953       | 0.150       |          |          |

表 4 两组参与者两次干预前后 TMH 比较

( $\bar{x}\pm s$ ,mm)

| 分组       | 眼数 | 第一次         |             |          |          | 第二次         |             |          |          |
|----------|----|-------------|-------------|----------|----------|-------------|-------------|----------|----------|
|          |    | 干预前         | 干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> | 干预前         | 干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> |
| A 组      | 32 | 0.270±0.138 | 0.255±0.121 | 0.327    | 0.746    | 0.266±0.120 | 0.256±0.118 | 0.238    | 0.814    |
| B 组      | 32 | 0.227±0.066 | 0.220±0.069 | 0.293    | 0.772    | 0.216±0.057 | 0.205±0.053 | 0.565    | 0.576    |
| <i>t</i> |    | 1.125       | 1.005       |          |          | 1.505       | 1.575       |          |          |
| <i>P</i> |    | 0.270       | 0.323       |          |          | 0.143       | 0.126       |          |          |

**2.3 混合效应模型分析结果** 相较于空白对照处理,声乐训练干预前后的首次 NIBUT 净效应量为 1.883 s ( $P=0.042$ ),平均 NIBUT 净效应量为 2.076 s ( $P=0.019$ ),TMH 无明显变化 ( $P=0.652$ ),CDES-Q 评分差值为-47.188 ( $P<0.001$ )。两次干预间期洗脱充分,无携带效应和顺序效应(即声乐训练与空白对照互不影响,两组先后交叉顺序无影响),见表 6、7、图 1、2。

进一步分析个体结果,在声乐训练后,59% (19/32) 参与者首次 NIBUT 延长 (0.05–9.50 s),其余参与者首次

NIBUT 不变或有缩短 (-6.65–0 s);50% (16/32) 参与者平均 NIBUT 延长 (0.05–9.05 s),其余参与者平均 NIBUT 有缩短 (-3.45– -0.05 s)。另外,TMH 增加者 (15 例) 略多于减少者 (13 例),无变化的 4 例,但差异无统计学意义 ( $P>0.05$ )。

CDES-Q 评分在不同处理后显著不同:空白对照处理后,全部参与者该项评分为 0,即干眼症状无明显变化;而在声乐训练后大部分参与者均有不同程度的改善 ( $-47.188\pm33.045$  分),提示声乐训练对于参与者的主观感受有较好的即时改善。

表 5 两组参与者两次干预后 CDES-Q 评分比较 ( $\bar{x}\pm s$ ,分)

| 分组       | 眼数 | 第一次干预后         | 第二次干预后         | <i>t</i> | <i>P</i> |
|----------|----|----------------|----------------|----------|----------|
| A 组      | 32 | -39.375±26.701 | 0              | 5.899    | <0.001   |
| B 组      | 32 | 0              | -55.000±37.594 | 5.892    | <0.001   |
| <i>t</i> |    | 5.899          | 5.892          |          |          |
| <i>P</i> |    | <0.001         | <0.001         |          |          |

表 6 声乐疗法对泪膜稳定性指标的效应评估

| 指标           | 效应项     | 均值      | 95%CI           | <i>t</i> | <i>P</i> |
|--------------|---------|---------|-----------------|----------|----------|
| TMH (mm)     | 截距      | 0.211   | (0.173, 0.248)  | 11.019   | <0.001   |
|              | 基线差异    | 0.002   | (-0.047, 0.050) | 0.064    | 0.950    |
|              | 空白对照效应量 | -0.015  | (-0.048, 0.017) | -0.925   | 0.362    |
|              | 净效应量    | 0.011   | (-0.036, 0.058) | 0.456    | 0.652    |
| 首次 NIBUT (s) | 截距      | 4.696   | (3.279, 6.113)  | 6.550    | <0.001   |
|              | 基线差异    | -0.465  | (-2.252, 1.322) | -0.511   | 0.613    |
|              | 空白对照效应量 | 0.626   | (-0.610, 1.862) | 0.998    | 0.326    |
|              | 净效应量    | 1.883   | (0.141, 3.624)  | 2.123    | 0.042    |
| 平均 NIBUT (s) | 截距      | 5.495   | (4.153, 6.836)  | 8.087    | <0.001   |
|              | 基线差异    | -0.516  | (-2.203, 1.170) | -0.600   | 0.553    |
|              | 空白对照效应量 | 0.652   | (-0.509, 1.814) | 1.105    | 0.278    |
|              | 净效应量    | 2.076   | (0.436, 3.716)  | 2.487    | 0.019    |
| CDESQ 评分 (分) | 截距      | 0       | —               | 0        | 1        |
|              | 净效应量    | -47.188 | —               | 7.965    | <0.001   |

注:截距为试验开始前该指标在全部参与者中的平均水平;基线差异为不同干预方式处理之前该指标的平均差值,反映两种干预前的基线水平,无显著差异说明交叉设计随机化成功;空白对照效应量为空白对照干预前后指标平均变化量;净效应量为声乐训练前后变化量与空白对照前后变化量的平均差值,反映试验组较于对照组的净差值。其中 CDESQ 评分只有两次干预后数值,因此只列出净效应量。以上计算使用的 TMH、首次 NIBUT、平均 NIBUT 数据均为双眼均值。

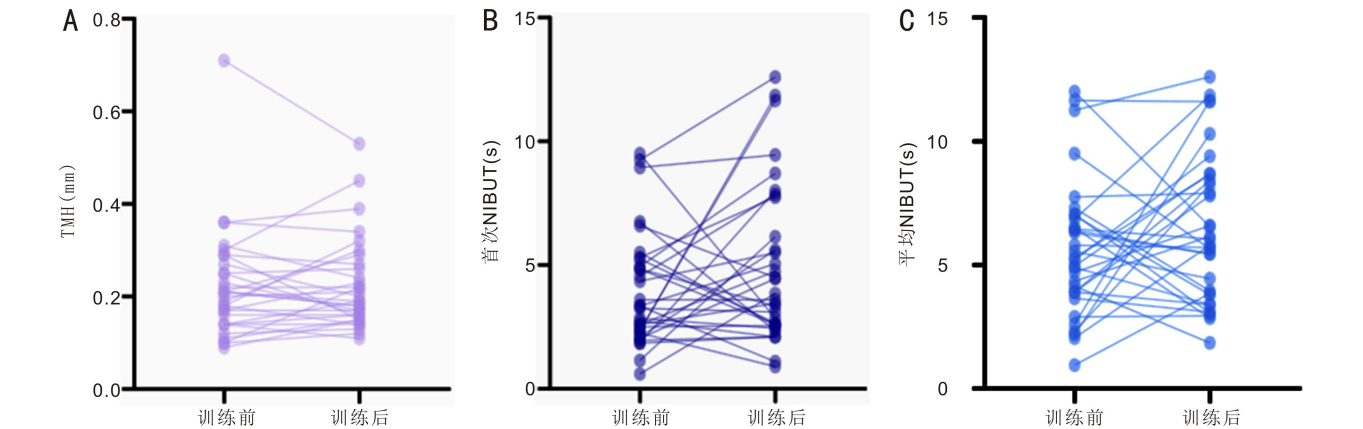


图 1 声乐训练前后 TMH 和首次 NIBUT 及平均 NIBUT 连线图 A: TMH; B: 首次 NIBUT; C: 平均 NIBUT; 连线 2 点为同一参与者训练前后的数据。

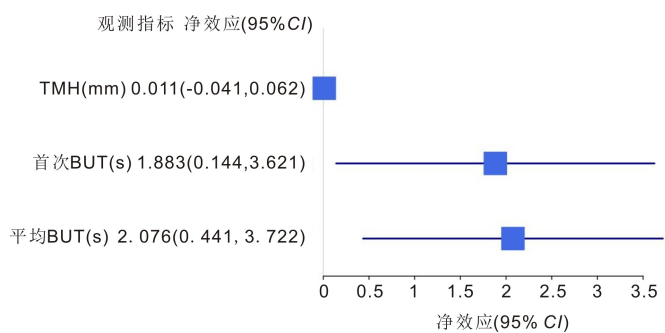


图2 泪膜稳定性指标的净效应森林图 净效应指声乐训练前后变化量与空白对照前后变化量的平均差值。

| 表7 顺序效应检验结果  |                       |       |
|--------------|-----------------------|-------|
| 指标           | 干预×阶段交互项估计值(95%CI)    | P     |
| TMH 变化(mm)   | 0.012 (-0.050, 0.075) | 0.702 |
| 首次 BUT 变化(s) | 0.625 (-1.832, 3.082) | 0.621 |
| 平均 BUT 变化(s) | 0.469 (-1.845, 2.783) | 0.694 |
| CDESQ 评分(分)  | 0(-, -)               | 1.000 |

注:此表反映前后两次干预的交互性作用, $P>0.05$  可认为无顺序和携带效应。

### 3 讨论

本研究结果显示,声乐训练后参与者的泪膜破裂时间显著增加,证明了此疗法对于泪膜稳定性提升的有效性。其中,首次 NIBUT 表示检测时间段内被检眼的泪膜出现第一个破裂点的时间,而平均 NIBUT 为多个泪膜破裂点出现时间的均值,前者反映了泪膜局部稳定情况,灵敏性较好,是临床上干眼诊断的“金标准”<sup>[16]</sup>;后者反映泪膜的整体稳定性,评估效果更为稳健<sup>[19]</sup>。本研究中,两种指标均有显著增加,且平均 NIBUT 的增量高于首次 NIBUT,充分说明了声乐训练的疗效。次要指标中,TMH 的变化不具有显著性,该参数主要反映泪液分泌量的情况,较低提示泪液分泌不足,可用于辅助诊断干眼。该结果提示,声乐训练对于泪液分泌量的增加无明显作用。可能原因为, TMH 主要取决于泪腺基础分泌、泪液蒸发、鼻泪管引流之间的平衡,体现了静态泪液储备,对短时的反射性分泌不敏感。参与者的 CDES-Q 评分在不同处理后显著不同,提示声乐训练对于参与者干眼症状的主观感受改善效果明显。

本次结果中,声乐训练后部分参与者仍出现泪膜稳定性下降,可能有以下几个方面原因:(1)声乐训练的执行差异。虽然方案统一,但参与者的精神调动、发声技巧、训练时长、专注度等个体差异可能影响即时效果。部分参与者的动作未达到训练标准,反而会因为训练过程感到疲劳或不适,出现负性安慰剂效应,导致相关指标下降。(2)测量随机误差。泪膜稳定性检查本身重复性有限,同一个体的前后两次测量可能也会存在差异,而并非真实的生理恶化现象。(3)日间或时段波动。泪膜稳定性受多种因素影响,即使在相同干预条件下,不同日期的基线值也会波动。若部分个体干预前的基线值偶然偏高,则训练后的数据可能会因为向正常均值的回归而掩盖了干预效果,最终表现为“下降”。交叉设计已在一定程度上消除了各种已知或未知混杂因素导致的偏倚,因此,虽然在个体层面存在下降的样本数据,仍可认为声乐训练对于泪膜稳定性

有积极作用。

目前尚无声乐训练改善泪膜稳定性的相关机制研究,总结类似研究推测可能的机制,主要包括以下几个部分:(1)歌唱动作对自主神经平衡的重塑作用。迷走神经传导发声器官的感觉与运动信号,同时也是自主神经系统中副交感部分的主要载体,其功能活动受到中枢自主神经网络的控制<sup>[20]</sup>,歌唱动作能够直接刺激迷走神经,增强副交感神经系统的活性,使得泪腺腺泡细胞分泌水分、电解质和保护性蛋白的能力提高,从而增加了泪膜水液层的厚度与质量<sup>[21]</sup>,提升泪膜稳定性。另有研究显示,“蓝斑-颈上神经节-泪腺”这一交感通路的活化可减少泪液分泌并促进干眼发生<sup>[22]</sup>,声乐训练通过改变交感/副交感平衡,下调了这一链路的兴奋性,促进了泪液的分泌。(2)呼吸模式对泪液分泌的影响。发声训练时呼吸模式为慢节奏的腹式呼吸,且主要为经鼻呼吸。研究显示,对鼻腔三叉神经的刺激作用可即时促进泪腺分泌和结膜杯状细胞释放黏蛋白,同时改变睑板腺活动和脂质层厚度<sup>[23]</sup>,并且鼻呼吸可即刻增加副交感神经对心脏的输出,提示其对迷走副交感网络的广泛激活效应<sup>[24]</sup>。深慢腹式呼吸通过激动慢适应型肺牵张受体和压力感受器,促进副交感优势状态的形成<sup>[25]</sup>,有研究表明,3 min 腹式呼吸即可使泪液半月板体积在 15 min 后出现显著增加<sup>[26]</sup>,提示为自主神经系统再平衡效应。(3)“心理-神经免疫通路”改善眼表炎症微环境。Fancourt 等<sup>[27]</sup>发现,60 min 的集体歌唱活动可显著改变多项细胞因子水平,重塑免疫调节网络。歌唱还被发现可上调分泌型免疫球蛋白 A 水平<sup>[28]</sup>,该蛋白对于保护眼表黏膜、抑制病原微生物定植和调节泪液成分都有重要意义。同时,迷走神经在声乐训练后兴奋性增加,通过胆碱能抗炎通路、非胆碱能抗炎通路和炎症反射三条途径协同发挥抗炎作用<sup>[29]</sup>,改变眼表微环境的炎症状态,起到维护泪膜稳定性的作用。

本研究使用交叉对照设计,具有以下几点优势:(1)消除个体间变异。泪膜稳定性指标在个体间存在较大差异,交叉对照通过自身对照配对比较,将个体间变异消除,可提高统计效能,使较小的干预效应也能被检测到。(2)减少样本量。相较于平行设计,交叉分组设计只需要一半以下的样本量,降低了招募的成本。(3)避免组间基线不平衡。所有参与者都接受了两次处理,所有的混杂因素完全一致,消除了选择偏倚。

此次研究使用 OSDI-6 干眼调查量表,该量表为 TFOS DEWS III 推荐的干眼主观量表,具有快速筛查干眼严重程度的优势<sup>[2]</sup>。纳入 50-65 岁,OSDI-6 量表评分为 4-8 分的参与者,该年龄阶段参与者为干眼高发人群,选择此类人群可保证足够的基线症状和指标变异,有利于检出干预效果。同时,该年龄段人群仍保持较好的声带功能和肺活量,能够充分配合声乐训练,且为退休或临退休人员,时间安排灵活,有利于完成两次干预及洗脱期随访,减少脱落率。而 OSDI-6 量表评分在 4-8 分的参与者通常处于干眼病程早期,泪膜稳定性有所下降,存在一定干眼症状,同时眼表损伤不重,预期治疗效果明显,是开展声乐训练疗法的适宜人群。

此次研究结果与既往类似试验的结论一致,即干预之后泪膜稳定性有显著提升,同时其创新点在于,声乐训练过程中既有音乐疗法对于心身状态的基础改善,又包含主

动发声行为所带来的多重生理效应,是一种效能较好的综合性非药物干预手段。本研究存在不足之处:(1)纳入的参与者中女性占比较高,虽已通过分层随机在两组中配平男女比例避免性别偏倚,但不能认为该结果可以完全反映真实人群的干预效果。(2)受限于条件,所有参与者来自单一研究中心,无法避免因地区差异导致的混杂效应。(3)本研究探索了一次声乐训练后的泪膜稳定性改善效果,但心身治疗是一个长期过程,因此本次结果也无法反映长期干预后的疗效。这些不足之处应当在以后研究条件允许时完善,以获得更加贴近现实的研究数据。

综上所述,声乐训练可能通过多途径生理机制提升干眼人群的泪膜稳定性,从而改善干眼症状。这充分体现了声乐疗法对于干眼治疗的有效性,为已有的眼表疾病诊疗方案提供了新的非药物治疗思路。声乐训练作为一种低成本、易实施且患者依从性高的干预方式,其在临床推广中具有显著优势;未来可结合呼吸节律调控、自主神经功能监测等手段,进一步明确其作用靶点与剂量效应关系。  
**致谢:**感谢夏结来教授对研究设计与数据分析的指导帮助。

**利益冲突声明:**本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**刘丹霞、胡轲论文选题与初稿撰写;王陵数据分析;刘小燕、张敏芝数据采集与整理;孙丽娟选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。  
**参考文献**

[1] Stapleton F, Argüeso P, Asbell P, et al. TFOS DEWS III: digest. *Am J Ophthalmol*, 2025,279:451–553.

[2] Wolffsohn JS, Benítez-Del-Castillo JM, Loya-García D, et al. TFOS DEWS III: diagnostic methodology. *Am J Ophthalmol*, 2025,279:387–450.

[3] Sun L, Wang T, Gao J, et al. Impact of dry eye disease on psychological symptoms among Chinese doctoral students studying abroad. *Medicine*, 2024,103(38):e39786.

[4] Toth M, Jokić-Begić N, Krašić S. The relationship between anxiety sensitivity, emotional states, and dry eye disease symptom severity: a cross-sectional study. *Vision (Basel)*, 2025,9(2):36.

[5] Lin YL, Liu HH, Chen SJ, et al. Correlation of ocular surface function with sleep quality, anxiety, and depression in patients with dry eye disease. *World J Psychiatry*, 2026,16(1):112013.

[6] Ba MR, Huang D, Yang TT, et al. Stress-induced disruption of circadian and neuroimmune networks in lacrimal glands drives dry eye pathogenesis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2025,66(15):53.

[7] Lin X, Liu YW, Li JN, et al. Depression induces ocular surface inflammation and dry eye-like changes in mice. *Int J Ophthalmol*, 2026,19(3):434–442.

[8] Zhao C, Li X. Dry eye disease and psychosomatics—benefits of mind–body therapy for dry eye disease. *Front Med*, 2025,12:1600258.

[9] Alkozi HA. Ocular surface health in connection with anxiety and depression: a review. *J Multidiscip Healthc*, 2024,17:2671–2676.

[10] Bhandarkar S, Salvi BV, Shende P. Current scenario and potential of music therapy in the management of diseases. *Behav Brain Res*, 2024,458:114750.

[11] Bradt J, Dileo C, Myers-Coffman K, et al. Music interventions for improving psychological and physical outcomes in people with cancer. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021,10(10):CD006911.

[12] Nishiwaki H, Levack WM, Hasegawa T, et al. Music – based interventions for people with chronic kidney disease undergoing haemodialysis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2025,4(4):CD016139.

[13] 王玉. 眼部按摩八法配合五行音乐疗法辅助治疗干眼症的效果. *临床医学研究与实践*, 2019,4(11):97–99.

[14] 曾君, 孙恺, 刘泉, 等. 焦虑与抑郁对干眼症的影响. *广东医学*, 2021,42(5增):134.

[15] Li J, Liao YL, Zhang SY, et al. Effect of laughter exercise versus 0.1% sodium hyaluronic acid on ocular surface discomfort in dry eye disease: non – inferiority randomised controlled trial. *BMJ*, 2024,386:e080474.

[16] 中华医学会眼科学分会角膜病学组, 中国医师协会眼科医师分会角膜病学组. 中国干眼症临床诊疗专家共识(2024 年). *中华眼科杂志*, 2024,60(12):968–976.

[17] Cairns R, McNeely RN, Dunne MCM, et al. Comparing non-invasive and fluorescein tear break – up time in a pre – operative refractive surgery population: implications for clinical diagnosis. *J Clin Med*, 2025,14(16):5794.

[18] Pinto-Fraga J, Calonge M, Enríquez-de-Salamanca A, et al. Development of a questionnaire for detecting changes in dry eye disease-related symptoms. *Eye Contact Lens*, 2021,47(1):8–14.

[19] Ballesteros-Sánchez A, Gargallo-Martínez B, Gutiérrez-Ortega R, et al. Intraobserver repeatability assessment of the S390L firefly WDR slitlamp in patients with dry eye disease: objective, automated, and noninvasive measures. *Eye Contact Lens*, 2023,49(7):283–291.

[20] Wang XL, Guo RC, Zhao WJ, et al. Medullary mediation of the laryngeal adductor reflex: a possible role in sudden infant death syndrome. *Respir Physiol Neurobiol*, 2016,226:121–127.

[21] Dartt DA. Neural regulation of lacrimal gland secretory processes: Relevance in dry eye diseases. *Prog Retin Eye Res*, 2009,28(3):155–177.

[22] Qu ML, Wang Q, Bai XF, et al. A gatekeeper sympathetic control of lacrimal tear secretion and dry eye onset through the NA-Adra1a-Ucp2 pathway. *Nat Commun*, 2025,16:5215.

[23] Gurnani B, Kaur K. Redefining dry eye disease management: emerging pharmacologic and device – based therapies in the era of precision care: a narrative review. *Ophthalmol Ther*, 2026,15(5):1561–1584.

[24] Watso JC, Cuba JN, Boutwell SL, et al. Acute nasal breathing lowers diastolic blood pressure and increases parasympathetic contributions to heart rate variability in young adults. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 2023,325(6):R797–R808.

[25] Noble DJ, Hochman S. Hypothesis: pulmonary afferent activity patterns during slow, deep breathing contribute to the neural induction of physiological relaxation. *Front Physiol*, 2019,10:1176.

[26] Sano K, Kawashima M, Ikeura K, et al. Abdominal breathing increases tear secretion in healthy women. *Ocul Surf*, 2015,13(1):82–87.

[27] Fancourt D, Williamon A, Carvalho LA, et al. Singing modulates mood, stress, Cortisol, cytokine and neuropeptide activity in cancer patients and carers. *Ecancermedicalscience*, 2016,10:631.

[28] Kang J, Scholp A, Jiang JJ. A review of the physiological effects and mechanisms of singing. *J Voice*, 2018,32(4):390–395.

[29] Wang X, Guo Y, Zhou D. Advances in the anti – inflammatory mechanisms of the vagus nerve and its clinical applications. *Prog Physiol Sci*, 2026,57(1):20–26.