

# 抗菌光动力疗法治疗口源性口臭的系统评价

刘婧敏<sup>1</sup>,阿丽娜·伊力哈木江<sup>1</sup>,古丽努尔·阿吾提<sup>2,3</sup>

(1.新疆医科大学口腔医学院;2.新疆医科大学第一附属医院/附属口腔医院牙周病科;

3.新疆维吾尔自治区口腔医学研究所,新疆 乌鲁木齐 830054)

**摘要:**目的 探讨抗菌光动力疗法(antimicrobial photodynamic therapy, aPDT)治疗口源性口臭的疗效。方法 为了解决“aPDT或aPDT联合刮舌器(tongue scraper, TS)治疗口源性口臭是否比单独用刮舌器更有效”的问题,应用oral halitosis或oral malodor或bad breath和PDT或photodynamic inactivation或photodynamic therapy或photodynamic antimicrobial chemotherapy对PubMed、Cochrane图书馆从建库开始到2024年2月29日的所有文献进行了无语言限制的检索。排除标准包括:非人类实验、体外研究、重复报道的文献、数据不详者、不使用OralChroma<sup>TM</sup>作为测量仪器的综述、病例报告或实验方案。结果 最后纳入了8项随机对照试验,提取数据并进行数据处理后显示:在口臭治疗后立即降低硫化氢浓度方面,aPDT或aPDT+TS比TS具有更好的效果。还有一项研究报告显示:aPDT治疗后细菌载量下降,而TS治疗后细菌载量增加,这表明aPDT对口腔微生物的效果强于TS。结论 aPDT或aPDT+TS对口源性口臭有效,但还需要更多、更严谨的试验和更进一步的研究,来探索不同时间间隔下aPDT治疗口源性口臭的临床效果。

**关键词:**口臭;光动力疗法;刮舌器;硫化氢;口腔异味

中图分类号:R781.4

文献标志码:A

## Systematic evaluation of antibacterial photodynamic therapy in the treatment of oral halitosis

LIU Jingmin<sup>1</sup>, Alina · YILIHAMUJIANG<sup>1</sup>, Gulnuer · AWUTI<sup>2,3</sup>

(1. School of Stomatology, Xinjiang Medical University; 2. Department of Periodontology, the First Affiliated Hospital/Stomatological Hospital of Xinjiang Medical University; 3. Stomatology Disease Institute of Xinjiang Uyghur Autonomous Region, Urumqi 830054, Xinjiang, China)

**Abstract: Objective** To explore the efficacy of antimicrobial photodynamic therapy (aPDT) for the treatment of oral halitosis. **Methods** To address the question of whether aPDT or aPDT combined with a tongue scraper (TS) was more effective than using a tongue scraper alone for the treatment of oral halitosis, an unrestricted language search was conducted on all literature in PubMed and Cochrane libraries from the beginning to February 29, 2024, using oral halitosis, oral malodor, bad breath, PDT or photodynamic inactivation or photodynamic therapy. Exclusion criteria included: non-human experiments, *in vitro* studies, duplicated literature, those with unavailable data, and OralChroma<sup>TM</sup> was not used as a measurement instrument for reviews, case reports, or experimental protocols. **Results** Eight randomized controlled trials were included. After data extraction and processing, it was found that aPDT or aPDT+TS had better effects than TS in reducing H<sub>2</sub>S concentration immediately after halitosis treatment. Another research report showed that the bacterial load decreased after aPDT treatment, while the bacterial load increased after TS treatment, indicating that aPDT had a stronger effect on oral microbiota than TS. **Conclusion** aPDT or aPDT+TS is effective in treating oral halitosis, but more rigorous experiments and further research are needed to explore the clinical effects of aPDT on oral halitosis at different time intervals.

**Key words:** Oral halitosis; Photodynamic therapy; Tongue scraper; Hydrogen sulfide; Oral odor

口臭是指口腔内或口腔外呼出的使人感到不快的气味<sup>[1-2]</sup>,会造成人们的心理障碍,也会影响人们的社会交往<sup>[3-4]</sup>。90%的口臭为口源性口臭<sup>[5]</sup>。因为舌背表面积巨大且细菌载量较高<sup>[6]</sup>,所以舌背是导致口臭最关键的部位<sup>[7-8]</sup>。口源性口臭主要是由存在于舌背的细菌通过新陈代谢和有机物质降解产生的挥发性硫化物(volatile sulfur compounds, VSC)<sup>[9-10]</sup>而导致。VSC主要包括硫化氢(hydrogen sulfide, H<sub>2</sub>S)、甲硫醇(methyl mercaptan, CH<sub>3</sub>SH)和二甲硫醚(dimethyl sulfide, CH<sub>3</sub>SCH<sub>3</sub>),而H<sub>2</sub>S和CH<sub>3</sub>SH是口腔内呼出不快气味的主要因素,占VSC的90%<sup>[11]</sup>。研究报道,年龄、全身状况、饮食习惯、使用药物、卫生不足及唾液pH值改变等因素都会引起舌背微生物群的变化,从而使导致口臭发生的微生物的数量和比例增加<sup>[12-14]</sup>。

传统治疗口臭的方法有口香糖、抗菌漱口水、抗菌牙膏和刮舌器(tongue scraper, TS)<sup>[15-19]</sup>。然而,口腔保健品中的活性成分只能短时间内降低口腔空气中挥发性硫化化合物的浓度<sup>[20]</sup>。含洗必泰之类的抗菌漱口水或牙膏会导致牙齿染色、黏膜不适、甚至会使口腔细菌产生耐药性<sup>[21-22]</sup>。TS虽然可以治疗口臭,但是如果TS使用不当,可能会导致舌头损伤甚至微出血<sup>[23]</sup>。

抗菌光动力学疗法(antimicrobial photodynamic therapy, aPDT)是通过适当的波长激活光敏剂,使其从基态转变为激发态<sup>[24]</sup>,被引入到目标组织后,光敏剂在周围氧气的作用下,生成活性氧(reactive oxygen species, ROS),这些ROS具有很强的氧化能力,可以破坏微生物的细胞膜、蛋白质、DNA等重要结构和功能分子,导致微生物细胞发生不可逆的损伤,最终导致细胞死亡<sup>[25-26]</sup>。

由于光敏剂在病灶部位的特异性积累以及光照射的局部化,aPDT可以针对性地杀死病原体,但不会产生细菌耐药性<sup>[27]</sup>。正常微生物群落往往位于口腔内的生物膜深处,较难被光照到;部分正常微生物群落吸收较少的光敏剂,但它们的细胞表面特性与病原菌不同;正常微生物群落可能具有更强的自我修复机制,能够更快地清除ROS的影响。所以,aPDT能更好地杀死引起口臭的细菌,但对正常口腔细菌的作用较弱<sup>[28]</sup>。另外,aPDT作为一种非机械、非侵入性的治疗,减少了患者的恢复时间和潜在的并发症风

险,且对周围健康组织影响较小<sup>[29]</sup>,使周围的正常组织受到的损伤较小<sup>[30-31]</sup>;此外,PDT具有可重复性强、易于控制等优点<sup>[25-26,29]</sup>。

本研究旨在提供全面的文献综述,来评估aPTD或aPDT+TS治疗口源性口臭是否比单独用刮舌器更有效。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

根据人群-干预-比较-结果(population, interventions, comparisons and outcomes, PICO)格式,本文重点讨论的问题是“aPTD或aPDT+TS治疗口源性口臭是否比单独用刮舌器更有效。”

纳入标准:①研究对象。有口臭且经OralChroma<sup>TM</sup><sup>[32]</sup>测量,H<sub>2</sub>S≥112ppb(1ppb=10<sup>-9</sup>)<sup>[33-34]</sup>。对种族或疾病严重程度没有限制。②干预与比较措施。接受单纯aPDT(不限制aPDT类型、照射时间、功率密度、光敏剂)或aPDT+TS或单独舌背TS的患者。③结局指标。口臭主要是由VSC引起的,H<sub>2</sub>S是VSC的主要成分。因此,H<sub>2</sub>S是主要结果。报告任何主要结果指标的研究都包括在内。④研究类型。随机对照临床试验。

排除标准:①非人类实验,体外研究。②重复报道的文献、数据不详者。③不使用OralChroma<sup>TM</sup>作为测量仪器。④综述、病例报告或实验方案。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 文献检索

文献的检索和评估由两位研究人员分别、独立的应用oral halitosis或oral malodor或bad breath和PDT或photodynamic inactivation或photodynamic therapy或photodynamic antimicrobial chemotherapy对PubMed、Cochrane图书馆从开始到2024年2月29日的所有馆内文献进行了无语言限制的检索。首先对题目和摘要进行筛选,必要时进行全文筛查。此外,还对部分文献的参考文献进行了额外的检索。如意见不统一两人先进行讨论,再由另一名高级研究人员协调并商定。最后,两位研究人员对纳入的8篇文献进行数据提取,主要提取了以下数据:①研究者、发表年份、样本量。②患者特征,包括性别、年龄、研究对象、研究参数、检查时间。③干预与比较,收集aPDT应用参数,如光源、波长(nm)、光谱带宽(nm)、能量(J)、

能量剂量( $J/cm^2$ )、功率(mW)、功率密度( $mW/cm^2$ )、光敏剂、每点照射时间、aPDT应用频率和照射部位等。④不同检查时间点的结果指标 [ $H_2S$ (ppb)、 $CH_3SH$ (ppb)、 $CH_3SCH_3$ (ppb)、微生物指标],评估结果。提取后的数据保存在标准 Excel 表格里。

### 1.2.2 偏倚风险评估

使用 Cochrane 干预系统评价手册<sup>[35]</sup>中描述的 Cochrane 协作工具,两位评价者独立的在七个领域进行了纳入的 RCT 的偏倚风险评估:①随机序列。②分配隐藏。③对受试者和干预提供者施盲。④研究结局盲法评价。⑤结果数据完整性。⑥选择性报告研究结果。⑦其他偏倚。两位研究者先独立完成评估,再进行交叉核对,评价过程中如存在分歧,则两人讨论解决。若仍不能解决,则由第三位研究人员决定。

### 1.3 统计学处理

当纳入文献中的数据以图形呈现时,使用 Engauge Digitizer 12.1 软件获取所需要的数据;当原始数据以最大值、最小值或四分位数的形式呈现时,使用平均值或标准差表示所需数据。目前纳入的八项研究,因光敏剂、激光类型、能量、功率、各研究排除标准等不同,使本研究呈现出显

著的异质性,因此结果仅进行了定性分析。

## 2 结果

### 2.1 研究筛选

通过文献数据库初检出 53 篇相关文献,根据参考文献补录文献 4 篇。首先剔除 20 篇重复文献;阅读题目和摘要后,剔除不符合纳入标准的 21 篇文献;阅读全文后剔除不符合纳入标准的 8 篇文献;最后留下 8 篇<sup>[36-43]</sup>文献,均为英文文献。

### 2.2 纳入研究的基本特征

纳入的 8 项研究<sup>[36-43]</sup>均在 2016 年至 2021 年间进行,每项研究中的研究对象人数均在 40~46 例之间,年龄均在 12 岁以上,总共纳入了 345 例患者,其中男 145 例、女 200 例。四项研究<sup>[38-39,41-42]</sup>排除正在接受正畸和/或矫形治疗的人;一项研究<sup>[40]</sup>则纳入正在接受固定正畸治疗患者;另有三项研究<sup>[36-37,43]</sup>没有明确说明是否纳入或排除正在接受正畸治疗患者。有五项研究<sup>[38-42]</sup>排除了正在接受肿瘤治疗或抗生素治疗、牙周病患者及孕妇。有三项研究<sup>[37,40-41]</sup>排除了吸烟人群。六项研究<sup>[38-43]</sup>纳入了全身健康的个体。纳入研究的患者一般情况、文献资料和干预措施,见表 1。

表 1 纳入研究的基本特征  
Table 1 Basic characteristics of included studies

研究者	时间	年龄	样本量	男:女	分组及人数	研究参数	检查时间	主要结果
Llanos 等 <sup>[36]</sup>	2021	≥60 岁	40	9:31	组 1:TS(20) 组 2:aPDT(20)	$H_2S$ (ppb) $CH_3SH$ (ppb) $CH_3SCH_3$ (ppb)	0 d, 7 d	与 TS 相比,aPDT 在治疗后即刻和第 7 天可以更好的降低 $H_2S$ 和 $CH_3SCH_3$ 水平
Romero 等 <sup>[37]</sup>	2021	34±14 岁	40	9:31	组 1:aPDT+ 口腔卫生(20) 组 2:TS+ 口腔卫生(20)	$H_2S$ (ppb) $CH_3SH$ (ppb) $CH_3SCH_3$ (ppb)	0 d, 7 d, 90 d	治疗后 aPDT 组较 TS 组 $H_2S$ 下降明显,7 d、90 d 无统计学差异
Costa 等 <sup>[38]</sup>	2016	14.8±3 岁	46	22:24	组 1:aPDT(15) 组 2:TS(15) 组 3:aPDT +TS(16)	$H_2S$ (ppb), 菌落数(CFU)	0 d, 7 d	治疗后即刻 3 组间可以发现显著差异;第 7 天 aPDT+TS 组的 $H_2S$ 浓度降低幅度最大。TS 组细菌载量增加,而 aPDT 组细菌载量减少
da Mota 等 <sup>[39]</sup>	2021	18~25 岁	45	12:33	组 1:aPDT(15) 组 2:TS(15) 组 3:aPDT +TS(15)	$H_2S$ (ppb), 牙龈卟啉单胞菌, 福赛坦纳菌, 齿垢密螺旋体	0 d, 7 d, 14 d, 30 d	所有组在治疗前和治疗后立即发现差异,仅 TS 组在 7 d 后仍保持该效果。微生物学分析,aPDT 可以立即减少口臭,但在 7 d、14 d 或 30 d 后效果并未维持。
Alshahrani 等 <sup>[40]</sup>	2020	12~17 岁	45	29:16	组 1:aPDT(15) 组 2:TS(15) 组 3:aPDT+TS(15)	$H_2S$ (ppb), 牙龈卟啉单胞菌, 具核梭杆菌, 福赛坦纳菌, 齿垢密螺旋体	0 d, 14 d	与 aPDT 组或 TS 组相比,aPDT+TS 组在第 14 天显著降低了 $H_2S$ 浓度并减少了舌背细菌

续表

研究者	时间	年龄	样本量	男:女	分组及人数	研究参数	检查时间	主要结果
Gonçalves等 <sup>[41]</sup>	2020	18~25岁	44	17:27	组1:aPDT(15) 组2:TS(14) 组3:aPDT+TS(15)	H <sub>2</sub> S(ppb)	0 d, 7 d	TS组和aPDT组在降低H <sub>2</sub> S浓度方面即刻有差异,但7 d后无明显差异
Lopes等 <sup>[42]</sup>	2016	13~18岁	45	25:20	组1:aPDT(16) 组2:TS(15) 组3:aPDT+TS(14)	H <sub>2</sub> S(ppb)	0 d	aPDT+TS组与aPDT组在降低H <sub>2</sub> S浓度方面有统计学差异,而aPDT组与TS组之间没有差异
Labban等 <sup>[43]</sup>	2020	≥60岁	40	22:18	组1:TS+全口消毒(20) 组2:aPDT+TS+全口消毒(20)	H <sub>2</sub> S(ppb) 牙龈卟啉单胞菌	0 d, 5 d, 15 d, 30 d	与TS组相比,aPDT+TS组在第30天的H <sub>2</sub> S浓度显著降低,并且这两组在第5天的牙龈卟啉单胞菌均减少

### 2.3 口臭评估

所有研究都使用了 OralChroma™ 便携式设备 (Abilit, 日本)<sup>[32]</sup>, 来检测呼出气体中的 VSC。首先, 患者使用半胱氨酸溶液漱口 1 min, 再检测微生物降解产生的气体 (H<sub>2</sub>S ≥ 112 ppb) 来诊断口臭。Costa 等<sup>[38]</sup> 的研究中未说明使用半胱氨酸的浓度、剂量, 其余 7 项研究<sup>[36-37, 39-43]</sup> 均使用 10 mL 半胱氨酸溶液 (10 mM)。

三项研究<sup>[36-37, 40]</sup> 要求早上接受测试, Gonçalves 等<sup>[41]</sup> 的研究中, 所有患者的每次检测都被安排在下午, 大约同一时间接受测试; Romero 等<sup>[37]</sup> 的研究中, 要求参与者检查当天避免使用: 烈性调味品、口腔清新剂, 或带有香味的个人卫生用品等,

但未说明检查前是否禁食; 其余七项研究, 均要求参与者在测试前 24~48 h 避免使用以上用品, 且检查前 2 h 需禁食。六项研究<sup>[36, 39-43]</sup> 要求测试当天只用水刷牙或不使用牙膏。所有的研究过程中都未提供标准化牙膏。

### 2.4 纳入研究的光动力和光敏剂参数

六项研究<sup>[36-38, 40-42]</sup> 中的 aPDT 照射了舌背上的 6 个点, Labban 等<sup>[43]</sup> 的研究分别照射了舌背和义齿的 6 个点, da Mota 等<sup>[39]</sup> 的研究舌背上只设置了 4 个点。所有研究中, 各点之间的距离均为 1 cm, 且均为直接接触式照射。纳入研究的激光类型、激光参数和光敏剂参数, 见表 2。

表 2 被纳入研究的光动力和光敏剂参数

Table 2 Photodynamic and photosensitizer parameters included in the study

研究者	激光类型	波长 (nm)	光谱带宽 (nm)	能量 (j)	能量剂量 (j/cm <sup>2</sup> )	功率 (mW)	功率密度 (mW/cm <sup>2</sup> )	激光持续时间 (s)	应用次数	Ps 类型 (浓度)	Ps 应用持续时间	工作模式
Llanos 等 <sup>[36]</sup>	红色激光二极管	660.00	5.00	9.00	3 183.00	100	35 368	90	1	MB(0.005%)	5 min	连续
Romero 等 <sup>[37]</sup>	红色激光二极管	660.00	NA	9.00	318.00	100	3 537	90	1	MB(0.005%)	1 min	连续
Costa 等 <sup>[38]</sup>	红色激光	660.00	NA	9.00	320.00	100	3 537	90	1	MB(0.005%)	5 min	NA
da Mota 等 <sup>[39]</sup>	红色发光二极管(LED)	658.17	20.21	36.00	95.00	400	1 039	90	1	MB(0.005%)	1 min	连续
Alshahrani 等 <sup>[40]</sup>	激光二极管	660.00	NA	NA	317.43	100	3 527	NA	1	MB(0.005%)	5 min	连续
Gonçalves 等 <sup>[41]</sup>	蓝色发光二极管(LED)	395.00~480.00	NA	9.60	6.37	480	762	20	1	红木提取物 (20%w/v)	2 min	连续
Lopes 等 <sup>[42]</sup>	NA	660.52	0.71	9.00	317.43	100	3 537	90	1	MB(0.005%)	5 min	连续
Labban 等 <sup>[43]</sup>	激光二极管	660.00	NA	9.00	NA	100	3 527	90	1	MB(0.005%)	5 min	NA

Ps: 光敏剂; MB: 亚甲蓝; NA: 未使用/无数据。

## 2.5 主要结果

本综述的主要目的是评估 aPDT 治疗口源性口臭的有效性。本文提供了八项随机对照试验<sup>[36-43]</sup>在不同治疗下(aPDT、TS 和 aPDT+TS)应用 Oral-Chroma<sup>TM</sup>测量的 H<sub>2</sub>S 浓度。

在包括了 159 例的五项研究<sup>[38,40-43]</sup>中,与使用 TS 组相比,aPDT+TS 可以即刻显著降低 H<sub>2</sub>S 浓度;两项研究<sup>[38,41]</sup>提及 7 d 及 7 d 之后 aPDT+TS 组与 TS 组相比没有统计学意义;Romero 等<sup>[37]</sup>研究中在使用 aPDT+TS 90 d 后,尽管 H<sub>2</sub>S 仍高于 112 ppb,但平均值仍比基线值小 2 倍至 3 倍。六项研究中<sup>[37-42]</sup>,190 例患者在进行 aPDT 和 TS 治疗前后 H<sub>2</sub>S 浓度的数据显示,治疗后立即与治疗前相比,

表 3 遵循 CONSORT 声明和 Cochrane 协作风险偏倚工具对纳入研究进行质量评估

Table 3 Quality assessment of included studies following the CONSORT statement and Cochrane collaborative risk of bias tool

研究者	随机序列	分配隐藏	对受试者和干预提供者施盲	研究结局盲法评价	结果数据完整性	选择性报告研究结果	其他偏倚
Llanos 等 <sup>[36]</sup>	+	+	+	+	+	?	+
Romero 等 <sup>[37]</sup>	+	+	+	?	+	?	+
Costa 等 <sup>[38]</sup>	?	?	?	?	+	?	+
da Mota 等 <sup>[39]</sup>	?	?	?	?	+	?	+
Alshahrani 等 <sup>[40]</sup>	+	-	+	+	+	?	+
Gonçalves 等 <sup>[41]</sup>	+	+	?	?	+	?	+
Lopes 等 <sup>[42]</sup>	+	?	?	?	+	?	+
Labban 等 <sup>[43]</sup>	+	+	+	+	+	?	+

+:低风险;-:高风险;?:风险不清楚。

## 3 讨论

近年来,aPDT 因其抗菌能力而被用作治疗口臭的新方法<sup>[38,44]</sup>。然而,aPDT 治疗口臭的疗效仍存在争议。本文是一项系统评价 aPDT 联合或不联合 TS 治疗口源性口臭的疗效的研究,同时使用 PubMed 和 Cochrane Library 进行文献检索,制定了清晰的筛选标准,对纳入的研究进行了质量评估,所有纳入的研究都报告了通过 VSC 成分检测装置来分析减少口源性口臭的结果。初始呼吸分析表明,索引文献中所有参与者都有由舌部细菌引起的口臭(H<sub>2</sub>S ≥ 112 ppb),各组间无显著差异。在纳入的研究<sup>[36-43]</sup>中,aPDT 都只进行过一次。

大多数研究都显示了 aPDT 在减少口臭方面的积极性。多数试验<sup>[38,40-43]</sup>表明,与单独使用 TS 相比,aPDT+TS 在减少口臭及与口腔状况相关的 VSC 浓度方面更为有效,大多数研究<sup>[36-37,40,43]</sup>观察到积极效果可以持续至少一周,这种治疗方法比 TS 有

aPDT 在减少 H<sub>2</sub>S 方面显著优于 TS 组,其中<sup>[37-38,41-42]</sup>在 7 d、14 d、30 d 和 90 d 与 TS 组相比没有统计学意义。

## 2.6 质量评价

纳入研究的偏倚风险总结如表 3 所示。四项研究<sup>[36-37,41,43]</sup>提到了分配隐藏。有三项研究<sup>[38-39,42]</sup>没有说明分配隐藏方法,只有一项研究<sup>[40]</sup>的分配隐藏使用的是非密封信封。Labban 等<sup>[43]</sup>对受试者和干预提供者实施了双盲,另外三项研究<sup>[36-37,40]</sup>中没有提到受试者本身是否知道被分配到测试组还是对照组。纳入本文的每项研究都已经注册并取得了注册号,且研究方案已经公布。对纳入研究的质量评估,见表 3。

效,可能是因为它能够更彻底地清除产生 VSC 的微生物。临床上,对传统清洁方法效果不佳或希望寻找更持久解决方案的口臭患者来说,可以考虑使用 aPDT。四项研究<sup>[37,39,41]</sup>的 7 d 后随访显示,aPDT/aPDT+TS 组并没有维持即时效果,口臭水平在 7 d 后恢复。另外两项研究<sup>[40,43]</sup>中,aPDT/aPDT+TS 组的治疗效果可以维持到 14~30 d。本项研究中,不同的光敏剂、不同的 aPDT 参数、未完全排除的牙周炎和全身性疾病、正畸或佩戴假牙等等,这些都可能影响口腔菌群的组成,从而影响到研究的结果。另外,TS 和口腔清洁的易操作性,不能排除有些受试者在家中自行采取 TS 或口腔清洁行为,从而影响研究结果。

aPDT 产生的单线态氧的半衰期短,作用半径有限,且不能抑制舌背上所有引起口臭的细菌<sup>[45-47]</sup>。此外,舌背残留的细菌有很强的重新附着能力,会在短时间内产生大量的 VSC<sup>[40]</sup>。所以,aPDT/aPDT+TS 治疗口臭的同时,应该加强患者的口腔卫生行为,防止细菌的快速定植。

本系统评价中纳入的一些研究进行了微生物实验<sup>[38]</sup>,发现 aPDT 治疗后细菌载量下降了 7%,而 TS 治疗后细菌载量增加了 7%,这表明 aPDT 的效果优于 TS。因为舌背的结构不规则,TS 很难消灭隐藏在舌背深处的细菌,且经过刮舌后,舌背深部的细菌更容易被翻到舌背表面;而 aPDT 的光敏剂可以渗透到舌背较狭窄的区域,以减少 TS 无法到达区域的细菌<sup>[48]</sup>。

本文仅纳入分析了 8 项研究,这可能限制了研究结果的普遍性和稳定性;且纳入的研究在设计上存在差异,包括使用的激光类型、参数和治疗方案不同,这可能影响了结果的一致性和可比性;不同研究的随访期有差异,限制了对长期效果的评估。

aPDT 在治疗口源性口臭方面有较强的应用前景。可以针对特定类型的微生物,减少对有益菌群的影响;可以减少口源性口臭患者对抗生素的依赖;通过结合传统治疗方法(如洗牙、TS 等),aPDT 可以增强治疗效果,特别是对于深层的感染部位。此外,相比于一些侵入性或复杂的治疗手段,aPDT 通常被认为是较为温和且易于接受的治疗方式。本文涉及多种波长和光敏剂,部分关注长期疗效,为临床提供指导,有助于促进技术进步,改善患者生活质量。

aPDT 治疗前,应对患者进行全面的口腔健康检查,确定口臭的具体原因,根据患者的个体差异制定个性化的治疗计划,考虑使用 aPDT 与其他治疗方法相结合的方式。选用安全有效的光敏剂,调整光源的波长、强度和照射时间以达到最佳治疗效果。治疗过程中持续监测患者的反应,并在治疗后定期复查,评估治疗效果,加强患者对良好口腔卫生习惯的认识。

本系统评价的研究人群有六项来自巴西,另外两项研究人群来自沙特阿拉伯,考虑生活习惯与饮食习惯的不同,需要更多其他地区且多中心的研究来证明 aPDT/aPDT+TS 与口源性口臭的关系。

本研究得出结论,aPDT/aPDT+TS 可以在治疗后短时间内降低口源性口臭人群中  $H_2S$  浓度。因此,本系统综述的作者推测,根据口源性口臭的严重程度,对  $H_2S$  浓度较高的患者使用多次 aPDT/aPDT+TS 治疗,可以有效的控制口臭。但仍需更多、更严谨的试验和更进一步的研究,来探索不同时间间隔下 aPDT 治疗口源性口臭的临床效果。

## 参考文献:

- [1] Briceag R, Caraiane A, Raftu G, et al. Emotional and social impact of halitosis on adolescents and young adults: a systematic review[J]. *Medicina*, 2023, 59(3): 564. doi:10.3390/medicina59030564.
- [2] Schertel Cassiano L, Leite FRM, López R, et al. The association between halitosis and chemosensory disorders: a systematic review[J]. *Oral Dis*, 2023, 29(2): 369-375.
- [3] Xu J, Gu Q, Lu HX, et al. Personality and psychological profile for patients with and without halitosis: a case-control study[J]. *Oral Dis*, 2024, 30(3): 1724-1732.
- [4] Schertel Cassiano L, Abdullahi F, Leite FRM, et al. The association between halitosis and oral-health-related quality of life: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Clin Periodontol*, 2021, 48(11): 1458-1469.
- [5] Du MQ, Li LT, Jiang H, et al. Prevalence and relevant factors of halitosis in Chinese subjects: a clinical research [J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 45.
- [6] Casu C, Nosotti MG. Photodynamic therapy for halitosis: could be possible? [J]. *Biointerface Res Appl Chem*, 2020, 11(1): 7493-7500.
- [7] Quiryren M, Dadamio J, van den Velde S, et al. Characteristics of 2000 patients who visited a halitosis clinic[J]. *J Clin Periodontol*, 2009, 36(11): 970-975.
- [8] Zhang Y, Lo KL, Liman AN, et al. Tongue-coating microbial and metabolic characteristics in halitosis [J]. *J Dent Res*, 2024, 103(5): 484-493.
- [9] Carda-Diéguez M, Rosier BT, Lloret S, et al. The tongue biofilm metatranscriptome identifies metabolic pathways associated with the presence or absence of halitosis[J]. *NPJ Biofilms Microbiomes*, 2022, 8(1): 100. doi:10.1038/s41522-022-00364-2.
- [10] Lee YH, Shin SI, Hong JY. Investigation of volatile sulfur compound level and halitosis in patients with gingivitis and periodontitis[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 13175. doi:10.1038/s41598-023-40391-3.
- [11] Ye W, Zhang Y, He M, et al. Relationship of tongue coating microbiome on volatile sulfur compounds in healthy and halitosis adults[J]. *J Breath Res*, 2019, 14(1): 016005. doi:10.1088/1752-7163/ab47b4.
- [12] Memon MA, Memon HA, Muhammad FE, et al. Aetiology and associations of halitosis: a systematic review [J]. *Oral Dis*, 2023, 29(4): 1432-1438.
- [13] Li ZR, Li J, Fu R, et al. Halitosis: etiology, prevention, and the role of microbiota[J]. *Clin Oral Investig*, 2023, 27(11): 6383-6393.
- [14] Mogilnicka I, Bogucki P, Ufnal M. Microbiota and malodor-etiology and management[J]. *Int J Mol Sci*, 2020, 21(8): 2886. doi:10.3390/ijms21082886.
- [15] Akaji EA, Folaranmi N, Ashiwaju O. Halitosis: a review of the literature on its prevalence, impact and control[J]. *Oral Health Prev Dent*, 2014, 12(4): 297-304.

- [16] Mamgain P, Kandwal A, Mamgain RK. Comparative evaluation of triphala and ela decoction with 0.2% chlorhexidine as mouthwash in the treatment of plaque-induced gingivitis and halitosis: a randomized controlled clinical trial [J]. *J Evid Based Complementary Altern Med*, 2017, 22(3): 468-472.
- [17] McGrath C, Clarkson J, Glennly AM, et al. Effectiveness of mouthwashes in managing oral diseases and conditions; do they have a role? [J]. *Int Dent J*, 2023, 73(2): 69-73.
- [18] Silveira JO, Costa FO, Oliveira PAD, et al. Effect of non-surgical periodontal treatment by full-mouth disinfection or scaling and root planing per quadrant in halitosis-a randomized controlled clinical trial [J]. *Clin Oral Investig*, 2017, 21(5): 1545-1552.
- [19] Tian MM, Hanley AB, Dodds MW, et al. Chewing gum containing allyl isothiocyanate from mustard seed extract is effective in reducing volatile sulfur compounds responsible for oral malodor [J]. *Am J Dent*, 2013, 26(4): 180-184.
- [20] van den Broek AM, Feenstra L, de Baat C. A review of the current literature on management of halitosis [J]. *Oral Dis*, 2008, 14(1): 30-39.
- [21] Huang NW, Li JJ, Qiao XH, et al. Efficacy of probiotics in the management of halitosis: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMJ Open*, 2022, 12(12): e060753. doi:10.1136/bmjopen-2022-060753.
- [22] Liu PF, Zhu WH, Huang CM. Vaccines and photodynamic therapies for oral microbial-related diseases [J]. *Curr Drug Metab*, 2009, 10(1): 90-94.
- [23] Choi HN, Cho YS, Koo JW. The effect of mechanical tongue cleaning on oral malodor and tongue coating [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 19(1): 108. doi:10.3390/ijerph19010108.
- [24] 周子伊, 任彪, 周学东. 姜黄素介导光动力治疗口腔感染性疾病的研究进展 [J]. *口腔疾病防治*, 2022, 30(8): 588-593.  
ZHOU Ziyi, REN Biao, ZHOU Xuedong. Research progress on curcumin mediated photodynamic therapy for oral infectious diseases [J]. *Journal of Prevention and Treatment for Stomatological Diseases*, 2022, 30(8): 588-593.
- [25] 郝昶, 林江. 光动力疗法对口腔疾病免疫调控作用的研究进展 [J]. *医学研究杂志*, 2021, 50(10): 151-154.  
HAO Chang, LIN Jiang. Research progress of photodynamic therapy on immune regulation of oral diseases [J]. *Journal of Medical Research*, 2021, 50(10): 151-154. doi:10.11969/j.issn.1673-548X.2021.10.033.
- [26] 王昕钰, 刘琦, 王守凯, 等. 去铁胺增敏 5-艾拉光动力治疗乳腺癌的研究 [J]. *中华实验外科杂志*, 2024, 41(4): 687-692.  
WANG Xinyu, LIU Qi, WANG Shoukai, et al. Deferoxamine-sensitized 5-Aminolevulinic acid photodynamic therapy for breast cancer [J]. *Chinese Journal of Experimental Surgery*, 2024, 41(4): 687-692.
- [27] Simões TMS, Batista ALA, de Alencar Fernandes Neto J, et al. Aplicabilidade da terapia fotodinamica na odontopediatria [J]. *Arch Health Invest*, 2020, 8(12): 832-835.
- [28] 孙玉洁, 高敏政, 朱艺文, 等. 光动力抗菌高分子材料研究进展 [J]. *中国材料进展*, 2022, 41(7): 508-519.  
SUN Yujie, GAO Minzheng, ZHU Yiwen, et al. Photodynamic antibacterial therapy based on polymer materials [J]. *Materials China*, 2022, 41(7): 508-519.
- [29] 芦兰, 曾放平, 唐斯哈, 等. 光动力治疗老年眼睑皮肤基底细胞癌 1 例 [J]. *山东大学学报(医学版)*, 2024, 62(3): 117-120.  
LU Lan, ZENG Fangping, TANG Sihan, et al. Photodynamic treatment of basal cell carcinoma of eyelid skin in the elderly: a case report [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2024, 62(3): 117-120.
- [30] 甘晓明, 苏玉仙, 应文伟, 等. 稀土上转换发光材料的设计及在光动力治疗中的应用研究进展 [J]. *材料导报*, 2024, 38(8): 95-106.  
GAN Xiaoming, SU Yuxian, YING Wenwei, et al. Research progress in design and application of rare earth up-conversion luminescent materials in photodynamic therapy [J]. *Materials Reports*, 2024, 38(8): 95-106.
- [31] Seemann R, Conceicao MD, Filippi A, et al. Halitosis management by the general dental practitioner: results of an international consensus workshop [J]. *J Breath Res*, 2014, 8(1): 017101. doi:10.1088/1752-7155/8/1/017101.
- [32] Tangerman A, Winkel EG. The portable gas chromatograph OralChroma™: a method of choice to detect oral and extra-oral halitosis [J]. *J Breath Res*, 2008, 2(1): 017010. doi:10.1088/1752-7155/2/1/017010.
- [33] Aizawa F, Kishi M, Moriya T, et al. The analysis of characteristics of elderly people with high VSC level [J]. *Oral Dis*, 2005, 11(1): 80-82.
- [34] Pham TAV, Ueno M, Zaitso T, et al. Clinical trial of oral malodor treatment in patients with periodontal diseases [J]. *J Periodontal Res*, 2011, 46(6): 722-729.
- [35] Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, et al. Measuring inconsistency in meta-analyses [J]. *BMJ*, 2003, 327(7414): 557-560.
- [36] Llanos do Vale K, Ratto Tempestini Horliana AC, Romero Dos Santos S, et al. Treatment of halitosis with photodynamic therapy in older adults with complete dentures: a randomized, controlled, clinical trial [J]. *Photo-*

- diagnosis Photodyn Ther, 2021, 33: 102128. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.102128.
- [37] Romero SS, do Vale KL, Remolina VG, et al. Oral hygiene associated with antimicrobial photodynamic therapy or lingual scraper in the reduction of halitosis after 90 days follow up: a randomized, controlled, single-blinded trial[J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2021, 33: 102057. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.102057.
- [38] Costa da Mota AC, França CM, Prates R, et al. Effect of photodynamic therapy for the treatment of halitosis in adolescents-a controlled, microbiological, clinical trial [J]. J Biophotonics, 2016, 9(11/12): 1337-1343. doi: 10.1002/jbio.201600067.
- [39] da Mota ACC, Gonçalves MLL, Horliana ACRT, et al. Effect of antimicrobial photodynamic therapy with red led and methylene blue on the reduction of halitosis: controlled microbiological clinical trial[J]. Lasers Med Sci, 2022, 37(2): 877-886.
- [40] Alshahrani AA, Alhaizaey A, Kamran MA, et al. Efficacy of antimicrobial photodynamic therapy against halitosis in adolescent patients undergoing orthodontic treatment [J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2020, 32: 102019. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.102019.
- [41] Gonçalves MLL, da Mota ACC, Deana AM, et al. Antimicrobial photodynamic therapy with Bixa orellana extract and blue LED in the reduction of halitosis-a randomized, controlled clinical trial [J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2020, 30: 101751. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101751.
- [42] Lopes RG, da Mota AC, Soares C, et al. Immediate results of photodynamic therapy for the treatment of halitosis in adolescents: a randomized, controlled, clinical trial[J]. Lasers Med Sci, 2016, 31(1): 41-47.
- [43] Labban N, Assery MK, Al-Kattan R, et al. Antimicrobial capacity of photodynamic therapy on oral health-related quality of life and halitosis among elderly patients wearing removal dentures [J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2020, 32: 102059. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.102059.
- [44] Al Deeb M, Alresayes S, A Mokeem S, et al. Clinical and immunological peri-implant parameters among cigarette and electronic smoking patients treated with photochemotherapy: a randomized controlled clinical trial [J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2020, 31: 101800. doi: 10.1016/j.pdpdt.2020.101800.
- [45] Soukos NS, Goodson JM. Photodynamic therapy in the control of oral biofilms [J]. Periodontol 2000, 2011, 55(1): 143-166.
- [46] Jori G, Fabris C, Soncin M, et al. Photodynamic therapy in the treatment of microbial infections: basic principles and perspective applications [J]. Lasers Surg Med, 2006, 38(5): 468-481.
- [47] Mongardini C, Di Tanna GL, Piloni A. Light-activated disinfection using a light-emitting diode lamp in the red spectrum: clinical and microbiological short-term findings on periodontitis patients in maintenance. A randomized controlled split-mouth clinical trial [J]. Lasers Med Sci, 2014, 29(1): 1-8.
- [48] Lopes RG, de Santi ME, Franco BE, et al. Photodynamic therapy as novel treatment for halitosis in adolescents: a case series study [J]. J Lasers Med Sci, 2014, 5(3): 146-152.

(编辑:李伟)

读者·作者·编者

## 医学期刊中常用的统计学符号

按 GB 3358-82《统计学名词及符号》的有关规定,统计学符号一律采用斜体书写。a. 样本的算术平均数用英文小写  $x$ ; 中位数用  $M$ 。b. 标准差用英文小写  $s$ , 标准误用英文小写  $s_x$ 。c.  $t$  检验用英文小写  $t$ 。d.  $F$  检验用英文大写  $F$ 。e. 卡方检验用希文小写  $\chi^2$ 。f. 相关系数用英文小写  $r$ 。g. 自由度用希文小写  $\nu$ 。h. 概率用英文大写  $P$ 。

(本刊编辑部)