

• 诊治分析 •

臭氧水与 75%vol 酒精对口腔综合治疗台水路系统污染防控效果的对比研究

何文欢, 沈芳, 戴玉雯, 邓美玲, 温丹平, 吴小红

【关键词】 臭氧水; 酒精; 口腔综合治疗台; 污染防控

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.03.025

【中图分类号】 R187 【文献标志码】 B 【文章编号】 1671-0800(2025)03-0309-04

口腔综合治疗台水路系统 (dental unit waterlines, DUWLs) 可为临床诊疗提供专业达标的医疗用水, 可接触患者皮肤、黏膜以及用于有创操作中的创口处理^[1-2]。由于其水路管道集成复杂、水流速度受限、回吸污染风险、水路管道疏水聚合材质特性及高相对表面积等因素, DUWLs 有利微生物的繁殖和细菌生物膜的形成, 成为临床重要的交叉感染源^[3-4]。现阶段对 DUWLs 的消毒方式分为物理消毒和化学消毒, 物理消毒包括冲洗、排空干燥、防回吸、改善管路材料等, 仅作为辅助方式; 化学消毒则为必要手段, 常见消毒剂主要包括次氯酸钠、氯己定、过氧化氢、过氧化氢银离子、二氧化氯、过氧乙酸、柠檬酸和乙二胺四乙酸等。化学消毒效果得到了证实, 但也不可忽视消毒剂带来的不利影响, 如部件腐蚀、阀门损害^[5]、牙科设备的表面染色、环境污染及金属腐蚀等。臭氧是一种具有优良广谱消毒杀菌功能的强氧化剂, 已广泛用于空气灭菌、饮用水消毒、食品消毒等领域, 副产物为氧气和水, 应用于 DUWLs 具有高效持续消毒、可彻底去除水路细菌生物膜、无不良副产物及反应可循环的优势。75%vol 酒精是一种广泛使用的常规消毒剂^[6], 可穿透细胞膜, 进入细菌内部, 凝固蛋白质, 从而起到杀菌的作用。本研究拟比较臭氧水与 75%vol 酒精对 DUWLs 污染防控效果, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2024年3—4月抽取广州医科大学

附属口腔医院同一楼层集中供水的口腔综合治疗台 (dental unit, DU) 12 台, 纳入标准: (1) DU 使用年限 > 2 年, (2) DU 每天诊次 ≥ 8 人次, (3) 同一品牌及型号。主要材料: 掺硼金刚石薄膜臭氧牙椅终端消杀仪 (江西欣远新材料科技有限公司), DU (贝蒙 Celesta II, 日本), 一次性使用离心管 (浙江恒大医疗器械有限公司), 细菌琼脂培养基 (BD, 美国)。采用随机数字表法将 12 台 DU 分为臭氧水组、酒精组及纯水组, 各 4 台。

1.2 方法 臭氧水组采用臭氧水进行 DUWLs 消毒 (臭氧浓度为 1.0 mg/L); 酒精组采用 75%vol 酒精进行 DUWLs 消毒; 纯水组为空白对照组, 采用纯水进行 DUWLs 日常维护。每天开诊前及诊疗结束后, 采用臭氧水、75%vol 酒精或纯水冲洗 DUWLs 2 min; 每位患者诊疗结束后使用纯水冲洗 DUWLs 30 s。

由统一采样实验人员于消毒前, 消毒 1、2、3 及 4 周定时定点取样, 分别取牙科高速涡轮机管道用水、三用喷枪管道用水及漱口水注水器用水。取样方法: 用酒精棉球擦试采样点, 连续排水 30 s, 使用无菌采样管, 对每个采样点接取水样 10 ml, 采集后常温 2 h 内送检。每个样本由第三方机构进行浮游菌落数检测并计算合格率, 其中菌落数 ≤ 100 CFU/ml 判定合格。

1.3 观察指标 (1) 3 组不同时点各部位菌落总数。(2) 3 组不同时点各部位合格率。以《T/CHSA 023—2023 口腔综合治疗台水路污染控制与管理指南》为标准进行合格率计算, 合格率 = 合格的水样数 / 水样总数 × 100%。

1.4 统计方法 数据采用 SPSS 19.0 软件分析, 计

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目 (A2024302)

作者单位: 510182 广州, 广州医科大学附属口腔医院

通信作者: 吴小红, Email: 1902957369@qq.com

量资料用均数±标准差表示, 多组间比较采用 *F* 检验, 多重比较采用 LSD-*t* 检验; 计数资料采用 χ^2 检验。采用广义估计方程 (generalized estimating equation, GEE) 模型分析交互作用及影响因素。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 DUWLs 菌落数比较 消毒前, 臭氧组、酒精组和纯水组 DUWLs 平均菌落数分别为 (273.33±104.15)、(287.92±125.21) 及 (287.17±128.70) CFU/ml, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。随着消毒时间的增加, 臭氧组及酒精组菌落数均逐步下降。消毒 1 周后高速涡轮机及三用喷枪取样, 消毒 2 周后漱口水取样, 臭氧水组、酒精组、纯水组样本菌落数呈阶梯下降趋势 (均 $P < 0.05$), 见表 1。

2.2 合格率比较 臭氧水组和酒精组合格率随着消毒时间延长而上升, 消毒 3 周后均达 100.00%, 见表 2。

2.3 消毒方式及时间对水样菌落数的影响 消毒方式、采样时间、组别 X 时间对高速涡轮机、三用喷枪及漱口水水样菌落数的影响差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。由 β 值可见, 不同部位臭氧水组平均菌落数的下降幅度均大于酒精组, 见表 3~5。

3 讨论

臭氧是一种具有优良广谱消毒杀菌功能的强氧化剂, 它在水中的溶解度是氧气的 10 倍, 转化形成

活性更高的活性氧物种 (reactive oxygen species, ROS) 进行间接氧化作用^[7]。臭氧由于抗菌、免疫刺激和生物合成效应在口腔医学中得到广泛应用^[8], 其中臭氧水对牙科器械消毒的抗菌作用也已经得到证实^[9]。本研究中臭氧水消毒 DUWLs 1 周后, DUWLs 水样菌落数均降到 100 CFU/ml 以下, 合格率达到 100.00%, 且在之后 3 周的测量中未再出现不合格的情况, 证实臭氧水对 DUWLs 具有强劲的消毒杀菌能力。臭氧作为一种天然存在的气体, 其分解产物为氧气和水, 具有良好的抗菌活性和生物相容性^[10], Takizawa 等^[11]将臭氧气泡水用于牙科设备消毒, 结果显示各类细菌的细菌载量降低超过 90%。学者通过比较多种化学消毒剂细胞毒性发现, 臭氧水的细胞毒性作用最小。

75%vol 酒精是一种广泛使用的常规消毒剂^[6], 兼顾杀菌消毒能力和渗透性, 可以使菌体蛋白质脱水、变性、沉淀, 不会使菌体形成包膜, 而且酒精可以不断地深入菌体内部, 作用于菌体内所有的蛋白质, 最后杀灭细菌。目前酒精已广泛用于皮肤消毒、口腔印模义齿材料消毒^[12-13]。在本研究中, 水样菌落数随着酒精消毒时间的延长初步下降, 2 周后合格率为 25%, 3 周后全部降至 100 CFU/ml 以下, 虽然菌落计数均高于臭氧水组, 但水样合格率也能达到 100.00%。酒精不会如同其他消毒剂 (次氯酸钠、过氧化物等) 导致 DUWLs 管道腐蚀、堵塞^[8]。Ribeiro 等^[14]也发现 60%~80% 酒精消毒效果可能会根据半

表 1 3 组不同时点各部位取样菌落数比较 ($n=4$)

采样部位	采集时间	臭氧水组	酒精组	纯水组	<i>F</i> 值	<i>P</i> 值
高速涡轮机	消毒前	265.75±36.03	275.75±49.80	258.75±37.10	0.18	> 0.05
	消毒 1 周	6.50±1.92	177.00±28.61	254.25±38.06	84.93	< 0.05
	消毒 2 周	3.00±2.00	120.15±20.19	236.50±84.69	8.89	< 0.05
	消毒 3 周	2.25±2.63	52.50±24.31	236.75±57.37	9.88	< 0.05
	消毒 4 周	0	29.50±18.52	214.50±53.98	49.81	< 0.05
三用喷枪	消毒前	386.75±67.10	407.75±132.15	432.00±78.36	0.22	> 0.05
	消毒 1 周	14.50±10.12	196.25±8.38	286.25±102.63	8.77	< 0.05
	消毒 2 周	14.75±7.63	115.25±13.62	352.25±82.51	9.88	< 0.05
	消毒 3 周	2.00±1.63	57.50±31.21	333.00±95.02	9.88	< 0.05
	消毒 4 周	0	43.25±17.97	310.50±100.91	10.20	< 0.05
漱口水	消毒前	167.50±46.34	180.25±52.29	170.75±78.09	0.04	> 0.05
	消毒 1 周	34.50±25.49	147.00±50.91	250.75±200.39	3.24	> 0.05
	消毒 2 周	14.25±16.70	78.75±20.76	146.75±69.82	8.03	< 0.05
	消毒 3 周	2.75±3.10	39.25±16.58	193.26±99.67	9.85	< 0.05
	消毒 4 周	0	3.50±8.35	166.75±60.38	10.20	< 0.05

临界材料的结构复杂性以及这些器械使用后可能携带的微生物负荷、有机和无机残留物而有所不同。

表2 3组不同时点的水样合格率 %

采样时间	臭氧水组	酒精组	纯水组
消毒前	0	0	8.33
消毒1周	100.00	0	0
消毒2周	100.00	25.00	8.33
消毒3周	100.00	100.00	0
消毒4周	100.00	100.00	8.33

DUWLs 虽然结构比较复杂，但其消毒要求并非无菌，因此将 75%vol 酒精运用于 DUWLs 消毒也是切实可行的。

本研究结果显示，臭氧水和 75%vol 酒精进行 DUWLs 的污染防控都是有效的，且臭氧水的消毒效果比 75%vol 酒精更为迅速显著且更安全。医院应因地制宜，结合自身情况选择合适的化学消毒剂配

表3 高速涡轮机菌落数影响因素分析

变量		β 值	SE 值	95%CI 值	Wald χ^2 值	P 值
消毒方式	臭氧水	7.00	20.94	-34.05 ~ 48.05	0.11	> 0.05
	酒精	17.00	26.89	-35.70 ~ 69.70	0.40	> 0.05
	纯水	0	/	/	/	/
采样时间	消毒4周	-44.25	36.59	-115.96 ~ 27.46	1.46	> 0.05
	消毒3周	-22.00	31.96	-84.64 ~ 40.64	0.47	> 0.05
	消毒2周	-22.25	45.93	-112.27 ~ 67.77	0.24	> 0.05
	消毒1周	-4.50	15.46	-34.80 ~ 25.80	0.09	> 0.05
	消毒前	0	/	/	/	/
组别×时间	臭氧水×消毒4周	-221.50	38.98	-297.89 ~ -145.11	32.30	< 0.05
	臭氧水×消毒3周	-241.50	34.76	-309.64 ~ -173.36	48.26	< 0.05
	臭氧水×消毒2周	-240.50	47.91	-334.41 ~ -146.59	25.20	< 0.05
	臭氧水×消毒1周	-254.75	21.01	-295.92 ~ -213.58	147.08	< 0.05
	臭氧水×消毒前	0	/	/	/	/
	酒精×消毒4周	-202.00	46.24	-292.63 ~ -111.37	19.08	< 0.05
	酒精×消毒3周	-201.25	42.20	-283.97 ~ -118.53	22.74	< 0.05
	酒精×消毒2周	-133.25	49.61	-230.48 ~ -36.02	7.21	< 0.05
	酒精×消毒1周	-94.25	18.13	-129.79 ~ -58.71	27.01	< 0.05
	酒精×消毒前	0	/	/	/	/

注：“/”为无数据，“组别×时间”中纯水×时间均无数据

表4 三用喷枪菌落数影响因素分析

变量		β 值	SE 值	95%CI 值	Wald χ^2 值	P 值
消毒方式	臭氧水	-45.25	44.67	-132.81 ~ 42.31	1.03	> 0.05
	酒精	-24.25	66.52	-154.64 ~ 106.14	0.13	> 0.05
	纯水	0	/	/	/	/
采样时间	消毒4周	-121.50	68.35	-255.46 ~ 12.46	3.16	> 0.05
	消毒3周	-99.00	72.94	-241.97 ~ 43.97	1.84	> 0.05
	消毒2周	-79.75	40.11	-158.37 ~ -1.13	3.95	< 0.05
	消毒1周	-145.75	74.45	-291.68 ~ 0.18	3.83	> 0.05
	消毒前	0	/	/	/	/
组别×时间	臭氧水×消毒4周	-265.25	74.27	-410.82 ~ -119.68	12.76	< 0.05
	臭氧水×消毒3周	-285.75	78.35	-439.31 ~ -132.19	13.30	< 0.05
	臭氧水×消毒2周	-292.25	47.89	-386.12 ~ -198.38	37.23	< 0.05
	臭氧水×消毒1周	-226.50	78.89	-381.13 ~ -71.87	8.24	< 0.05
	臭氧水×消毒前	0	/	/	/	/
	酒精×消毒4周	-243.00	94.23	-427.69 ~ -58.31	6.65	< 0.05
	酒精×消毒3周	-251.25	100.71	-448.64 ~ -53.86	6.22	< 0.05
	酒精×消毒2周	-212.75	72.36	-354.58 ~ -70.92	8.64	< 0.05
	酒精×消毒1周	-65.75	95.30	-252.53 ~ 121.03	0.48	> 0.05
	酒精×消毒前	0	/	/	/	/

注：“/”为无数据，“组别×时间”中纯水×时间均无数据

表5 漱口水菌落数影响因素分析

变量	β 值	SE值	95%CI值	Wald χ^2 值	P值	
消毒方式	臭氧水	-3.25	39.32	-80.31 ~ 73.81	0.01	> 0.05
	酒精	9.50	40.72	-70.30 ~ 89.30	0.05	> 0.05
	纯水	0	/	/	/	/
采样时间	消毒4周	-4.00	47.06	-96.23 ~ 88.23	0.01	> 0.05
	消毒3周	22.50	59.66	-94.43 ~ 139.43	0.14	> 0.05
	消毒2周	-24.00	11.12	-45.79 ~ -2.21	4.66	< 0.05
	消毒1周	80.00	98.80	-113.65 ~ 273.65	0.66	> 0.05
	消毒前	0	/	/	/	/
	组别×时间	臭氧水×消毒4周	-163.50	51.16	-263.77 ~ -63.23	10.21
臭氧水×消毒3周		-187.25	62.80	-310.34 ~ -64.16	8.89	< 0.05
臭氧水×消毒2周		-129.25	25.95	-180.10 ~ -78.40	24.82	< 0.05
臭氧水×消毒1周		-213.00	102.82	-414.51 ~ -11.49	4.29	< 0.05
臭氧水×消毒前		0	/	/	/	/
酒精×消毒4周		-152.75	52.84	-256.32 ~ -49.18	8.36	< 0.05
酒精×消毒3周		-163.50	66.08	-293.02 ~ -33.98	6.12	< 0.05
酒精×消毒2周		-77.50	23.95	-124.45 ~ -30.56	10.47	< 0.05
酒精×消毒1周		-113.25	104.82	-318.70 ~ 92.20	1.17	> 0.05
酒精×消毒前		0	/	/	/	/

注：“/”为无数据，“组别X时间”中纯水×时间均无数据

合物理方式来消毒 DUWLs, 以预防交叉感染。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] 祝陈平. 多酶清洁剂辅助低浓度含氯消毒液对牙科水路系统生物膜的消除和预防效果研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.

[2] 韩梦, 李秀娥, 路潜. 口腔综合治疗台水路污染控制研究进展[J]. 中国感染控制杂志, 2018, 17(3): 273-276.

[3] 施智微, 许月丹, 金鑫阳, 等. 口腔综合治疗台水路污染控制方法研究进展[J]. 中国实用口腔科杂志, 2022, 15(4): 480-484.

[4] 苏静. 气溶胶传播风险与口腔诊疗综合防控策略[J]. 中华口腔医学杂志, 2020, 55(4): 229-234.

[5] O'DONNELL M J, SHORE A C, RUSSELL R J, et al. Optimisation of the long-term efficacy of dental chair waterline disinfection by the identification and rectification of factors associated with waterline disinfection failure[J]. J Dent, 2007, 35(5): 438-451.

[6] 林淑仪, 杨爱君, 何瑛, 等. 消毒酒精的贮存条件和消毒效果研究[J]. 食品安全导刊, 2023, 14(15): 81-84.

[7] DE SOUZA H M, SAVI G D, GOMES T, et al. Ozone application in COVID-19 triage areas and its efficiency of microbial decontamination[J]. Ozone Sci Eng, 2021, 43(4): 306-316.

[8] SEN S M, SEN S. Ozone therapy a new vista in dentistry: Integrated review[J]. Med Gas Res, 2020, 10(4): 189-192.

[9] CESAR J, SUMITA T C, JUNQUEIRA J C, et al. Antimicrobial effects of ozonated water on the sanitization of dental instruments

contaminated with E. coli, S. aureus, C. albicans, or the spores of B. atrophaeus[J]. J Infect Public Health, 2012, 5(4): 269-274.

[10] MERCON I R, CAMPOS F U F, FONTANA C E, et al. Analysis of antimicrobial efficacy of sodium hypochlorite and ozonated water against biofilm in oval canals[J]. Braz Dent J, 2023, 34(3): 33-41.

[11] TAKIZAWA F, DOMON H, HIYOSHI T, et al. Ozone ultrafine bubble water exhibits bactericidal activity against pathogenic bacteria in the oral cavity and upper airway and disinfects contaminated healthcare equipment[J]. PLoS One, 2023, 18(4): e0284115.

[12] AL-SALEH S, ALSHAHRANI A, ALBAQAWI A H, et al. Use of Photosensitizer, Glutaraldehyde, alcohol and Ultrasonics in disinfection of polished and rough surfaces of self-curing polymethyl methacrylate denture base material[J]. Photodiagnosis Photodyn Ther, 2022, 37: 102566.

[13] National Institute of Health Research Unit on Global Surgery. Alcoholic chlorhexidine skin preparation or triclosan-coated sutures to reduce surgical site infection: A systematic review and meta-analysis of high-quality randomised controlled trials[J]. Lancet Infect Dis, 2022, 22(8): 1242-1251.

[14] RIBEIRO M M, NEUMANN V A, PADOVEZE M C, et al. Efficacy and effectiveness of alcohol in the disinfection of semi-critical materials: A systematic review[J]. Rev Lat Am Enfermagem, 2015, 23(4): 741-752.

收稿日期: 2024-12-30

(本文编辑: 钟美春)