

口腔诊疗中呼吸道传染病交叉感染 防范策略:关注气溶胶



扫码阅读电子版

李京平 章小缓 麦穗 吴少伟 宁杨 赵克

中山大学光华口腔医学院·附属口腔医院,广东省口腔医学重点实验室,广州 510055

通信作者:章小缓,Email:zhxhuan@mail.sysu.edu.cn

【摘要】 口腔科临床诊疗中气溶胶污染有导致呼吸道传染病院内交叉感染的潜在风险。本文通过纵向文献综述,说明在口腔科环境下,绝大多数呼吸道传染病的气溶胶传播途径是机会性的,因此可防可控。同时横向综合了美国、澳大利亚和世界卫生组织的牙科感染防控措施,为制定我国的口腔感染防控策略提供参考。

【关键词】 气溶胶; 呼吸道传染病; 口腔科; 感染控制

基金项目:广东省财政高水平医院建设专项资金;广东省医学科学技术研究基金(A2017511)

引用著录格式:李京平,章小缓,麦穗,等.口腔诊疗中呼吸道传染病交叉感染防范策略:关注气溶胶[J/CD].中华口腔医学研究杂志(电子版),2020,14(3):149-154.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.03.004

Infection control against respiratory tract infections in dental clinics—focusing on aerosol transmission

Li Jingping, Zhang Xiaohuan, Mai Sui, Wu Shaowei, Ning Yang, Zhao Ke

Guanghua School of Stomatology, Hospital of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: Zhang Xiaohuan, Email:zhxhuan@mail.sysu.edu.cn

【Abstract】 There is always a concern regarding the aerosol transmission of respiratory tract infections in dental clinics. Here we provide evidence through literature review that for most respiratory pathogens, aerosol transmission, if possible, is opportunistic, therefore can be controlled and prevented effectively. A summary of infection control guidelines issued by the World Health Organization as well as the governments of the United States and Australia is made for the reference of Chinese dental professions.

【Key words】 Aerosols; Respiratory tract infections; Dentistry; Infection control

Fund programs: Guangdong Financial Fund for High - Caliber Hospital Construction; Medical Scientific Research Foundation of Guangdong Province of China(A2017511)

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2020.03.004

口腔临床诊疗过程中存在显著的气溶胶污染风险。由国家卫生健康委办公厅发布的《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)的通知》^[1]中明确指出,新型冠状病毒肺炎(Corona Virus Disease 2019, COVID-19)病原体除了以呼吸道飞沫和密切接触为主的传播途径外,在相对封闭环境中长时间暴露于高浓度气溶胶情况下存在经气溶胶传播的可能。因此,如何在口腔诊疗中防范呼吸道传染病的交叉感染,立即成为备受业界、公众和政府普遍关注的问题。本文通过纵向文献分析和横向比较世界卫

生组织(World Health Organization, WHO)、美国疾病预防控制中心(US Centers for Disease Control and Prevention, US CDC)和澳大利亚国家医疗卫生研究委员会(The Australian National Health and Medical Research Council, NHMRC)相关指南,尝试从气溶胶传播角度讨论国外发达国家针对呼吸道传染病在口腔诊疗中引起感染的途径,以及如何控制交叉感染风险的主流意见,以供同行参考。

一、气溶胶与呼吸道传染病

呼吸道传染病的传播途径包括接触传播、飞沫

传播和气溶胶(空气)传播。接触传播包括直接途径和间接途径。病原微生物由携带者直接播散给敏感宿主称为直接接触传播;病原微生物污染某个物表,敏感宿主通过接触这个污染物表被感染,称为间接接触传播。飞沫和气溶胶污染,一般源自患者呼吸道。咳嗽、打喷嚏、讲话、甚至呼吸都可能向空气中播散液态颗粒^[2],按尺寸大小称为喷溅物(splatter)或飞沫(droplets),其中直径大于100 μm的颗粒所占的总体积超过99%^[3-4]。大的颗粒虽然能够携带较多的病原微生物,但在空气中只能飞行较短的距离。例如喷嚏可能产生>100 μm直径的飞沫,但其飞行距离一般不超过1~2 m,而且会快速干燥;而普通讲话产生的飞沫,由于动力较弱,飞行距离一般不超过1 m。只有直径小于5 μm的极细微的颗粒,才能长时间悬浮在空气中构成气溶胶(aerosols)。但这种尺寸的气溶胶总的体积占比不到0.01%^[3-4],且已经接近病毒大小,例如SARS冠状病毒的直径大约0.1 μm,因此,气溶胶所携带病原微生物的量往往难以达到致病浓度。此外,大颗粒飞沫快速干燥后形成的飞沫核,由于尺寸极小,也能形成气溶胶。但失水干燥过程会导致许多病原微生物丧失活力,因此日常生活中的气溶胶传播途径很少见^[5]。

不同病原体通过气溶胶途径传播的难易程度不同。例如结核分枝杆菌仅通过气溶胶传播,不存在其他传播方式,称为专性气溶胶传播(obligate aerosol transmission);而麻疹和水痘主要通过气溶胶传播,但也存在其他传播途径,称为兼性气溶胶传播(preferential aerosol transmission)。到目前为止,WHO^[6]和US CDC^[7]只认可这三个病种是空气传染病(airborne infectious diseases)。其余大多数呼吸系统传染病不以气溶胶为主要传播途径。以SARS为例,WHO基于7个病例对照研究显示,控制飞沫和接触可以有效控制SARS冠状病毒的传播。但SARS疫情期间也有医务人员在为患者进行气管插管或支气管镜检等操作时,因为吸入大量生物气溶胶(bioaerosols)而被感染。此外,中国香港淘大花园爆发SARS感染也被普遍怀疑是生物气溶胶通过设计不良的下水道涌入密闭的邻居洗手间而导致的传染。这些都显示,在特定情况下SARS冠状病毒也可以发生机会性气溶胶传播(opportunistic aerosol transmission),即气溶胶并非该病原主要的传播方式,仅在特定条件下(例如密闭空间、生物气溶胶大

剂量吸入等)才会发生感染。国家卫生健康委办公厅发布的《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)》称COVID-19病原“在相对封闭环境中长时间暴露于高浓度气溶胶情况下存在经气溶胶传播的可能”^[1],这是一个典型的“机会性气溶胶传播”表述。由于机会性传播需要在特定条件下才会发生,因此一般所称空气传播途径,仅包括专性和兼性气溶胶传播,而不包括机会性气溶胶传播^[5]。

二、口腔科气溶胶污染风险

许多口腔诊疗操作伴有严重的喷溅物和气溶胶污染。以三磷酸腺苷(adenosine triphosphate, ATP)生物发光法检测,超声洁刮治后患者和操作人员面部的细菌污染可大幅度提高30余倍^[8]。使用高速涡轮机进行龋齿备洞和复合树脂充填物的打磨抛光,甚至导致比超声器械更加严重的气溶胶污染^[9]。牙科三用枪头、牙面抛光刷尤其喷砂操作也会产生大量喷溅物和气溶胶,其中0.3 μm左右的气溶胶室内悬浮时间甚至长达6 h^[10]。在实际操作中,距离工作部位越近,喷溅物和气溶胶污染越严重,依次是患者的面部、医护的面部、牙椅灯具、痰盂和治疗盘^[8,11-12]。需要说明的是,与气管插管和呼吸道镜检导致的气溶胶不同,牙科气溶胶中的绝大部分水分并非来源于患者体液,因此其内即使携带有病原微生物,浓度也大大低于体液所产生的气溶胶,所对应的交叉感染风险也比大多数人想象的要低^[13]。

三、国外对牙科场所内呼吸道传染病交叉感染防控的主流意见

牙科交叉感染防控的基本指导思想是,认定任何一位医务人员和就诊者都是潜在的感染源,根据他们携带病原体的概率,设计相应的防控措施,以社会所能承受的最低代价,实现最高的针对医务人员和患者的保护效果。

而医务人员和患者携带病原微生物的概率,则与传染病流行状况密切相关。在传染病流行前或小规模传播阶段,无论是医务人员还是患者,携带病原体的概率都很低(但不会是零),发生院内交叉感染的风险相对较小。如果传染病进展到社区散发甚至爆发阶段,医务人员和患者在日常生活中被感染的概率升高,相应的院内交叉感染的风险就会随之增加。此外,传染病症状是否会导致患者首诊口腔科,是一个重要的考虑因素。只要传染病不会导致口腔疾病症状,那么求诊患者携带病原的概率应与普通民众相当,甚至更低,因为症状明显的

传染病患者倾向于推迟口腔诊疗。

根据以上思路,结合口腔医学专业特点和传染病传染特征,国外将牙科传染病防控分为标准预防(standard precaution, SP)和额外预防(additional precaution, AP)。以下防控措施综合自WHO^[6]、US CDC^[14]、NHMRC^[15]和美国国家职业安全卫生研究院(National Institute of Occupational Safety and Health, NIOSH)^[16]对呼吸道传染病防控的相关建议,同时也参考了国内相关译著的介绍^[17]。

1. 标准预防(SP):标准预防应是日常工作标准,当不存在疫情或疫情轻微,医生和患者携带病原的风险很小时采用。

(1)关注患者全身健康:绝大多数牙科诊疗都可以择期进行。牙科医疗机构应在一切医患沟通媒介上,例如候诊区海报、预约单、网络平台等处清晰写明,要求患者当存在发热和急性呼吸道症状时推迟就诊。这是最重要而又最容易被忽视的呼吸道传染病防范措施。

(2)规范患者行为:有证据显示,患者佩戴外科口罩,可以大幅度限制其飞沫和致病气溶胶的播散范围。一项针对肺囊性纤维化患者的临床试验显示,不戴口罩咳嗽,25例患者中19例(76%)可以在2 m外检出含铜绿假单胞菌(*Pseudomonas aeruginosa*)的气溶胶,但如果患者佩戴医用外科口罩,仅2例(8%)检出($P < 0.001$);N95口罩并无显著差别^[18]。因此如果发热或呼吸道症状患者由于个别原因必须就诊牙科,应为该患者提供口罩,候诊时要求距他人至少1 m,并在咳嗽和喷嚏时遮掩口鼻。医疗机构应为候诊患者提供速干手消毒剂/免冲洗手消毒剂,卫生纸和垃圾桶,以及洗手设施。

(3)手卫生:无论患者还是医务人员都需要学习专业洗手法。医务人员洗手应遵循“两前三后”的原则,即接触患者前、有创操作前、接触患者血液和体液后、接触患者周围物品后,以及医护人员去除个人防护用品后均需要洗手。需要注意的是,一次性手套不能代替洗手。尤其应强调医务人员不

可用未洗净的手触摸自己眼、鼻、口和私人物品如移动电话。

(4)医务人员个人防护用品:①医用口罩:由于牙科操作同时存在液体喷溅和气溶胶污染风险,因此要求口罩应同时具有较高的细菌和微粒阻挡能力,以及防体液渗透能力。在北美“医用外科口罩”一般要求达到美国材料与试验协会(American Society of Testing and Materials, ASTM)Level 3标准。而国内的“医用外科口罩”标准是YY0469-2011(表1)。但在实际工作中,许多医务人员没能正确佩戴口罩。美国一项针对1034名手术室医务人员的调查显示,高达82%的人员没有按US CDC或制造商的要求佩戴医用外科口罩^[19]。原则上口罩需要每个患者更换。②保护性眼罩或面屏:完整的有角质层保护的皮肤能很好地抵抗病毒侵袭。但眼结膜可能被飞沫感染,虽然风险很低,但仍然建议任何有液体喷溅风险的操作时都应保护眼结膜。注意选择有侧面防护能力的眼罩和面屏。③防护服:如可重复使用的普通工衣。当进行任何可能导致出血的有创操作时建议穿隔离衣,如外科手术服。根据交叉感染风险的大小,还可以配备一次性防水隔离衣或围裙。标准防控一般不需要全覆盖的防护服。④一次性乳胶或丁晴手套:要求手套大小合适,能够包裹和固定隔离衣的袖口,手套必须每个患者更换。任何个人防护用品一旦污损均应及时更换。此外,无论WHO还是US CDC均未强制要求非喷溅检查或治疗时医务人员佩戴一次性工作帽。

(5)直接针对气溶胶的防范措施:①减少气溶胶的产生:任何产生气溶胶的操作,均应在尽可能低的功率下进行。尤其超声治疗,应努力在不产生明显水雾的条件下进行洁刮治^[13]。喷砂极易导致微尘气溶胶,应使用带负压抽吸的胶套包裹喷砂枪头,大幅度降低气雾的产生^[20]。国外已有类似产品,有望短期内引进。另一条思路是减少气溶胶中的微生物载量,例如在口腔诊疗前要求患者使用

表1 中国医用外科口罩标准与美国ASTM F2100 Level 3标准比较

关键指标	中国YY0469-2011标准	美国ASTM F2100 Level 3
细菌气溶胶阻挡效率(Bacterial Filtration Efficiency, BPE)	3.0 μm 直径细菌气溶胶阻挡效率≥95%	3.0 μm 直径细菌气溶胶阻挡效率≥98%
颗粒物气溶胶阻挡效率(Particulate Filtration Efficiency, PFE)	平均直径0.075 μm 颗粒气溶胶阻挡效率≥30%	0.100 μm 直径颗粒物气溶胶阻挡效率≥98%
模拟血液阻挡效率(Fluid Resistance)	120 mmHg	160 mmHg

0.12%氯己定液含漱1 min以上^[21-22]。高速涡轮手机很难降低气溶胶产生量,但可以使用防回吸手机同时保持牙椅水路用水清洁,并用橡皮障隔离患牙^[13]。②加速气溶胶的清除:任何气溶胶操作都应同时配合大通量强吸以便快速清除气溶胶^[20,23],为此必须普及和强化牙科四手操作规范。弥散出来的气溶胶在通风不良的牙科诊室内,可以悬浮长达30 min到2 h,因此有必要通过增加室内通气的方式加速气溶胶的稀释^[24],或在诊室内安装空气净化系统^[25]。目前医用空气净化系统主要基于三个技术原理开发,分别是高效微粒捕获(high-efficiency particulate arrester, HEPA)法,能将0.1 μm以上微粒滤过99.97%;气体滤芯(gas filter cartridges)法,除了减少气溶胶,也同时减少汞蒸气、甲醛和戊二醛等化学气体成分;以及静电过滤(electrostatic filters)法,能有效减少尘粒和水蒸气^[26]。这三种净化器都可以在医护人员诊疗操作的同时有效清除室内气溶胶,但需要安装在恰当位置^[27]。③消毒气溶胶:室内安装紫外线(254 nm)杀菌灯,能有效杀灭病原微生物尤其结核杆菌。这个波长的紫外线对人体健康影响很小,也不产生臭氧,因此可以在有人的室内环境下使用^[28]。

(6)物表、环境的清洁、消毒和屏障覆盖技术应按照制造商建议和现有规范严格执行并定期监控。

2. 额外预防(AP):当疫情进入社区播散甚至爆发阶段,医务人员和患者日常感染风险增高,由此导致院内交叉感染的风险也会随之上升。此时可以在标准预防的基础上采取更严格的措施。

(1)建立预检分诊机制,强制性地检查就诊患者的全身健康,尤其体温和呼吸系统症状。同时要求患者申报疫区旅居史和传染病疑似和确诊患者接触史。确保将高风险患者排除在诊疗范围之外。

(2)医务人员也需要持续每日进行同样的全身

健康检查和申报。

(3)避免候诊区拥挤,确保人与人间隔至少1 m,为此需严格预约就诊。要求就诊者在候诊区佩戴医用口罩。

(4)候诊区设施与传染病传播途径密切相关。如前所述呼吸道传染病确诊和疑似患者应建议推迟就诊。但如个别患者必须就诊口腔科,则应根据传染病的传播途径采取额外预防手段。例如对于飞沫和接触传染病,应将这些患者集中候诊并指定专用卫生间。对于专性或兼性气溶胶传播疾病,需要负压通气房^[29]。

(5)根据传染病的传播特征和严重程度有针对性地加强医务人员的个人防护。表2总结自多个US CDC^[7, 14, 16, 30-31]、WHO^[6, 29]和NHMRC^[15]的相关指南。

表2中各项措施应根据传染病特征和社区流行程度选择施行。一个重要参考因素是疾病是否存在无症状传染。例如在2002—2003年的SARS疫情中,WHO和US CDC认定只有发热患者才有传染能力^[32]。因此,通过严格预检分诊和健康申报制度,基本可以杜绝患者携带病毒就诊的可能,此时的口腔诊疗防控不需要特意加强。而在本次COVID-19疫情中,流行病学追踪显示有可能存在无症状传染,意味着预检分诊和健康申报制度无法杜绝患者携带病毒的可能,此时口腔诊疗防控措施必须根据传染病社区流行程度相应加强。

此外,虽有报道戴双层手套可以减少内层手套穿破和手上沾染血迹的机会,但由于其对于防疫的效用尚未得到确证,因此WHO和US CDC均未推荐这一做法^[30]。

(6)关于防护口罩,N95是美国NOISH标准,FFP2是欧洲EN149标准,KN95是中国GB2626-2006标准,彼此性能相当,均能将0.1 μm以上非油

表2 根据传染病传播途径选择不同的额外预防措施

额外预防措施	传播途径			
	气溶胶(机会性)	气溶胶(专性或兼性)	飞沫	接触
手套	同标准预防	同标准预防	同标准预防	尤其需要
隔离衣/围裙/防护服	同标准预防	同标准预防	同标准预防	尤其需要
口罩	医用口罩;但气溶胶操作时需N95防护口罩	N95防护口罩	医用口罩	医用口罩
眼罩/面屏	同标准预防	同标准预防	同标准预防	同标准预防
候诊区要求	通气良好房间;确保候诊者相互之间的间距至少1 m	负压通气房,或将传染病确诊患者集中在通风良好的房间	将传染病确诊患者集中,指定专用卫生间	将传染病确诊患者集中,指定专用卫生间

性气溶胶颗粒滤过95%以上,同时确保超过99%的细菌过滤效果。但当用于液体喷溅风险较大的操作时,需要配合使用面屏,或采用防液体喷溅的符合GB19083-2010标准的防护口罩^[33]。

N95口罩的主要优势是立体构型,因此有助于边缘气密性^[34]。但多个临床研究显示,它用于预防呼吸道传染病的效用(effectiveness)可能并不比普通医用外科口罩高。

例如最近一个持续4年的临床试验随机纳入了380个美国门诊医疗机构,包括全科、急诊、牙科、透析等急性呼吸道疾病好发部门,共4051名全职医务人员,随机戴用普通医用外科口罩或N95防护口罩,结果发现对流感病毒的防护效果相当^[35]。

循证医学研究也得出类似结果。对比ASTM Level 3医用外科口罩,虽然N95防护口罩似乎对细菌感染的防护效果更好($RR=0.46, 95\% CI: 0.34\sim 0.62$),但在病毒感染如SARS和流感方面没有区别^[36]。

分析其可能原因有两个:①流感病毒和SARS-CoV都主要通过飞沫传播,大多数场合下医用外科口罩的防护效果已经足够;②即使N95口罩也难以完全贴合使用者个性化的面部特征,因此存在广泛的边缘泄漏^[37]。

这些研究表明,使用N95口罩时需要挑选合适的外形和尺码,并在佩戴完毕后按照制造商建议进行边缘封闭性测试。再考虑到N95口罩昂贵的价格,医务人员和公众需要正确选择和使用口罩,不建议不顾社会经济成本无谓地提高防控级别。

(7)对物表、环境的清洁、消毒和覆盖应参考制造商建议,针对特定病原有针对性地改进。在确保防控的前提下,优先选择价廉、易用、可靠、安全的消毒隔离措施。

(8)加强对医务人员防疫意识和规范操作的严格培训。大量事实已经证明,对传染病的充分了解,对防疫措施的严格执行和适当的物资保障,是控制院内交叉感染风险,确保诊疗活动安全开展的根本保障。

三、总结

口腔科临床操作中存在气溶胶污染,因此从业人员普遍存在对传染病的恐惧。但实际上,绝大多数呼吸系统传染病并不以气溶胶(空气)为主要传播途径。因此口腔科主要应防范机会性气溶胶传染。在制定防控策略时,应默认医务人员和患者都是潜在病原携带者,以此为出发点执行标准预防措

施,并在疫情发生时根据病原体的具体传播特征和社区流行严重程度制定有针对性的额外预防方案,既避免防护不足导致院内感染的发生或爆发,同时也要避免防护过度无谓增加社会成本。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] 国家卫生健康委办公厅. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第六版)[EB/OL]. [2020-02-18]. <http://202.116.81.74/cache/15/03/www.nhc.gov.cn/7823c3542d44ad42504db70d530b1fe3/b218cfeb1bc54639af227f922bf6b817.pdf>.
- [2] Roy CJ, Milton DK. Airborne transmission of communicable infection -- the elusive pathway [J]. *N Engl J Med*, 2004, 350(17): 1710-1712. DOI: 10.1056/NEJMp048051.
- [3] Brankston G, Gitterman L, Hirji Z, et al. Transmission of influenza A in human beings [J]. *Lancet Infect Dis*, 2007, 7(4): 257-265. DOI: 10.1016/S1473-3099(07)70029-4.
- [4] Duguid JP. The size and the duration of air-carriage of respiratory droplets and droplet-nuclei [J]. *J Hyg (Lond)*, 1946, 44(6): 471-479. DOI: 10.1017/s0022172400019288.
- [5] Seto WH. Airborne transmission and precautions: facts and myths [J]. *J Hosp Infect*, 2015, 89(4): 225-228. DOI: 10.1016/j.jhin.2014.11.005.
- [6] World Health Organization. Infection prevention and control of epidemic - and pandemic - prone acute respiratory infections in health care [EB/OL]. 2014. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/112656/1/9789241507134_eng.pdf?ua=1.
- [7] Siegel JD, Rhinehart E, Jackson M, et al. 2007 Guideline for Isolation Precautions: Preventing Transmission of Infectious Agents in Healthcare Settings [EB/OL]. www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/isolation/index.html.
- [8] Watanabe A, Tamaki N, Yokota K, et al. Use of ATP bioluminescence to survey the spread of aerosol and splatter during dental treatments [J]. *J Hosp Infect*, 2018, 99(3): 303-305. DOI: 10.1016/j.jhin.2018.03.002.
- [9] Polednik B. Aerosol and bioaerosol particles in a dental office [J]. *Environ Res*, 2014, 134: 405-409. DOI: 10.1016/j.envres.2014.06.027.
- [10] Miller RL. Characteristics of blood-containing aerosols generated by common powered dental instruments [J]. *Am Ind Hyg Assoc J*, 1995, 56(7): 670-676. DOI: 10.1080/15428119591016683.
- [11] Prospero E, Savini S, Annino I. Microbial aerosol contamination of dental healthcare workers' faces and other surfaces in dental practice [J]. *Infect Control Hosp Epidemiol*, 2003, 24(2): 139-141. DOI: 10.1086/502172.
- [12] Veena HR, Mahantesha S, Joseph PA, et al. Dissemination of aerosol and splatter during ultrasonic scaling: a pilot study [J]. *J Infect Public Health*, 2015, 8(3): 260-265. DOI: 10.1016/j.jiph.2014.11.004.
- [13] Harrel SK, Molinari J. Aerosols and splatter in dentistry: a brief

- review of the literature and infection control implications [J]. *J Am Dent Assoc*, 2004, 135 (4) : 429-437. DOI: 10.14219/jada.archive.2004.0207.
- [14] Centers for Disease Control and Prevention. Summary of Infection Prevention Practices in Dental Settings: Basic Expectations for Safe Care [EB/OL]. Atlanta, GA: Centers for Disease Control and Prevention, US Dept of Health and Human Services, 2016. <https://www.cdc.gov/oralhealth/infectioncontrol/pdf/safe-care2.pdf>.
- [15] National Health and Medical Research Council. Australian Guidelines for the Prevention and Control of Infection in Healthcare [EB/OL]. 2019. <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-guidelines-prevention-and-control-infection-healthcare-2019>.
- [16] Kohn WG, Collins AS, Cleveland JL, et al. Guidelines for infection control in dental health-care settings — 2003 [EB/OL]. *MMWR Recomm Rep*, 2003, 52 (RR17) : 1-61. https://www.jstor.org/stable/42000928?seq=1#metadata_info_tab_contents.
- [17] Molinari JA, Harte JA. 实用口腔科感染控制 [M]. 原著第3版. 高永波, 章小媛, 译. 北京: 化学工业出版社, 2017.
- [18] Wood ME, Stockwell RE, Johnson GR, et al. Face Masks and Cough Etiquette Reduce the Cough Aerosol Concentration of *Pseudomonas aeruginosa* in People with Cystic Fibrosis [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2018, 197 (3) : 348-355. DOI: 10.1164/rccm.201707-1457OC.
- [19] Herron J, Kuht JA, Hussain AZ, et al. Do theatre staff use face masks in accordance with the manufacturers' guidelines of use? [J]. *J Infect Prev*, 2019, 20 (2) : 99-106. DOI: 10.1177/1757177418815551.
- [20] Harrel SK, Barnes JB, Rivera-Hidalgo F. Aerosol reduction during air polishing [J]. *Quintessence Int*, 1999, 30 (9) : 623-628.
- [21] Santos IR, Moreira AC, Costa MG, et al. Effect of 0.12% chlorhexidine in reducing microorganisms found in aerosol used for dental prophylaxis of patients submitted to fixed orthodontic treatment [J]. *Dental Press J Orthod*, 2014, 19 (3) : 95-101. DOI: 10.1590/2176-9451.19.3.095-101.oar.
- [22] Gupta G, Mitra D, Ashok KP, et al. Efficacy of preprocedural mouth rinsing in reducing aerosol contamination produced by ultrasonic scaler: a pilot study [J]. *J Periodontol*, 2014, 85 (4) : 562-568. DOI: 10.1902/jop.2013.120616.
- [23] Jacks ME. A laboratory comparison of evacuation devices on aerosol reduction [J]. *J Dent Hyg*, 2002, 76 (3) : 202-206. DOI: 10.1177/1053815111425493.
- [24] Li Y, Leung GM, Tang JW, et al. Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment—A multidisciplinary systematic review [J]. *Indoor Air*, 2007, 17 (1) : 2-18. DOI: 10.1111/j.1600-0668.2006.00445.x.
- [25] Hallier C, Williams DW, Potts AJ, et al. A pilot study of bioaerosol reduction using an air cleaning system during dental procedures [J]. *Br Dent J*, 2010, 209 (8) : E14. DOI: 10.1038/sj.bdj.2010.975.
- [26] Grinshpun SA, Adhikari A, Honda T, et al. Control of aerosol contaminants in indoor air: combining the particle concentration reduction with microbial inactivation [J]. *Environ Sci Technol*, 2007, 41 (2) : 606-612. DOI: 10.1021/es061373o.
- [27] Chen C, Zhao B, Cui W, et al. The effectiveness of an air cleaner in controlling droplet/aerosol particle dispersion emitted from a patient's mouth in the indoor environment of dental clinics [J]. *J R Soc Interface*, 2010, 7 (48) : 1105-1118. DOI: 10.1098/rsif.2009.0516.
- [28] Memarzadeh F, Olmsted RN, Bartley JM. Applications of ultraviolet germicidal irradiation disinfection in health care facilities: effective adjunct, but not stand-alone technology [J]. *Am J Infect Control*, 2010, 38 (5) : S13-S24. DOI: 10.1016/j.ajic.2010.04.208.
- [29] World Health Organization. Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings [EB/OL]. 2009. https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/natural_ventilation.pdf.
- [30] Centers for Disease Control and Prevention. Recommendations from the guidelines for infection control in dental health-care setting—2003 [EB/OL]. <https://www.cdc.gov/oralhealth/infection-control/pdf/recommendations-excerpt.pdf>.
- [31] Kutter JS, Spronken MI, Fraaij PL, et al. Transmission routes of respiratory viruses among humans [J]. *Curr Opin Virol*, 2018, 28: 142-151. DOI: 10.1016/j.coviro.2018.01.001.
- [32] Centers for Disease Control and Prevention. Public Health Guidance for Community-Level Preparedness and Response to Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS) [EB/OL]. 2004. <https://www.cdc.gov/sars/guidance/index.html>.
- [33] Centers for Disease Control and Prevention. Respirator Trusted-Source Information [EB/OL]. 2018. https://www.cdc.gov/niosh/nppt/topics/respirators/disp_part/RespSource.html.
- [34] Martin SB, Moyer ES. Electrostatic respirator filter media: filter efficiency and most penetrating particle size effects [J]. *Appl Occup Environ Hyg*, 2000, 15 (8) : 609-617. DOI: 10.1080/10473220050075617.
- [35] Radonovich LJ, Simberkoff MS, Bessesen MT, et al. N95 Respirators vs Medical Masks for Preventing Influenza Among Health Care Personnel: A Randomized Clinical Trial [J]. *JAMA*, 2019, 322 (9) : 824-833. DOI: 10.1001/jama.2019.11645.
- [36] Offeddu V, Yung CF, Low MSF, et al. Effectiveness of Masks and Respirators Against Respiratory Infections in Healthcare Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *Clin Infect Dis*, 2017, 65 (11) : 1934-1942. DOI: 10.1093/cid/cix681.
- [37] Cherrie JW, Apsley A, Cowie H, et al. Effectiveness of face masks used to protect Beijing residents against particulate air pollution [J]. *Occup Environ Med*, 2018, 75 (6) : 446-452. DOI: 10.1136/oemed-2017-104765.

(收稿日期:2020-02-24)

(本文编辑:王嫒)