

DOI: 10. 12138/j. issn. 1671-9638. 20222008

· 综述 ·

## 软式消化内镜干燥方法的研究进展

刘文龙, 田贺峰, 朱炫瑞, 王 琇

(吉林大学第一医院内镜中心, 吉林 长春 130021)

**[摘要]** 干燥通常作为软式消化内镜再处理环节中最后一个关键步骤, 在医院感染控制中, 干燥与软式消化内镜的清洗、消毒或灭菌有着同等重要的地位, 但现有的干燥方法尚不能完全保证达到安全要求。本文总结软式消化内镜干燥的研究现状, 分析归纳影响软式消化内镜干燥效果的因素, 有利于软式消化内镜干燥的储存方法, 以及干燥效果的评价方法, 以期为临床现有实践和未来研究提供一定的循证依据。

**[关键词]** 软式消化内镜; 干燥; 储存; 医院感染

**[中图分类号]** R197.323.4

### Research progress on drying of flexible digestive endoscope

LIU Wen-long, TIAN He-feng, ZHU Xuan-rui, WANG Xiu (Endoscopy Center, The First Hospital of Jilin University, Changchun 130021, China)

**[Abstract]** Drying is usually the last key step in the reprocessing of flexible digestive endoscopes, it is as important as the cleaning, disinfection and sterilization for flexible digestive endoscope in the control of healthcare-associated infection, but the existing drying methods can not fully meet the safety requirements. This paper summarizes the current research of drying of flexible digestive endoscope, analyzes the factors which affect the drying effect of flexible digestive endoscope, the storage methods which are conducive to the drying of flexible digestive endoscope, and the evaluation method of drying effect, so as to provide evidence-based basis for clinical practice and future research.

**[Key words]** flexible digestive endoscope; drying; storage; healthcare-associated infection

随着软式消化内镜(以下简称“软式内镜”或“内镜”)诊疗技术的进步和发展, 与之而来的感染控制问题也广受关注。软式内镜属于精密仪器, 其管道较长且管腔狭窄, 其中一些通道合并或分叉, 使其结构变得颇为复杂<sup>[1]</sup>, 给软式内镜的再处理造成一定挑战。国内外指南和规范<sup>[2-5]</sup>要求软式内镜的再处理步骤通常为预处理、测漏、清洗、漂洗、消毒、终末漂洗、干燥和储存。“消毒后的软式内镜操作不当会导致患者感染”在 2019 年美国急救医学研究所公布的“十大医疗技术危害”中排第五位, 标志着软式内镜再处理的关注点已从清洗、消毒延伸至消毒后的处理步骤。

干燥是软式内镜消毒后的一个关键步骤, 干燥不彻底会导致消毒灭菌失败<sup>[6-8]</sup>。如果在干燥不完

全的情况下对内镜进行环氧乙烷灭菌, 将有可能产生有毒的乙二醇副产物<sup>[9]</sup>。此外, 充分地干燥能够降低内镜携带病原体, 被水源性微生物再次污染, 以及形成生物膜的风险<sup>[10]</sup>。管腔中残余的水分为细菌生长和生物膜形成提供了理想的环境<sup>[11]</sup>。生物膜的形成通常是一个逐步的过程, 由微生物附着在潮湿的表面上开始, 逐渐形成嵌入多糖基质中的群落<sup>[12]</sup>, 进而导致内镜再处理过程中去污失败, 以及持续污染, 并可能形成微生物生长、消毒、部分杀死或抑制、再生长的恶性循环, 从而造成生物膜引起的内镜相关感染<sup>[13]</sup>。国外多项研究<sup>[7, 14-15]</sup>指出, 内镜通道干燥不足可能是造成内镜污染及相关感染事件的主要原因之一。

为进一步优化软式内镜再处理流程, 保证内镜

**[收稿日期]** 2021-12-18

**[作者简介]** 刘文龙(1998-), 男(汉族), 山西省运城市人, 硕士研究生, 主要从事消化内镜感染控制研究。

**[通信作者]** 王琇 E-mail: wangxiu2009@jlu.edu.cn

诊疗安全,在参考国内外相关指南和文献的基础上,对目前临床软式内镜干燥的方法,以及促进干燥的安全储存等内容进行归纳分析,以期为临床实践提供参考。根据《WS 507—2016 软式内镜清洗消毒技术规范》(以下简称“规范”)的要求<sup>[2]</sup>,内镜再处理过程中有三个时间节点需要对其进行干燥处理,分别是漂洗后、消毒后和终末漂洗后。漂洗后干燥的主要目的是防止残留水分稀释后续步骤的高水平消毒剂<sup>[16]</sup>;消毒后干燥主要是为去除管道内残留的消毒剂,并避免接触溢出和滴落的液滴<sup>[17]</sup>;而终末漂洗后的干燥处理不当极易造成内镜污染及相关感染事件的发生。本文主要针对内镜再处理中的终末干燥进行详细叙述。

## 1 软式内镜再处理后管腔残留液体的研究现状

研究人员采用一些可视化的方法对管道内部情况进行观察,发现软式内镜再处理后普遍存在液体残留情况。Ofstead 等<sup>[18]</sup>随机抽取、检查 3 所医院共 45 条经过再处理 24 h 后的内镜,其中 22 条检测到残留液体,不同医院的内镜水分残留差异大(分别为 5%、83%、85%, $P < 0.001$ )。此外,22%的内镜管腔中检出高水平的三磷酸腺苷,71%的内镜微生物培养结果为阳性。Ofstead 等<sup>[19]</sup>另一项研究用管道镜检查 20 条内镜,发现 95%的内镜在经过完整的 AER 循环(包括乙醇冲洗和 6 min 的压缩空气吹扫),并在封闭的通风内镜储存柜中储存一夜后仍然检出残留液体,其中 12 条(60%)内镜出现微生物生长,且有 4 条在 48 h 后出现微生物生长。对经过自动洗消循环后的内镜进行乙醇冲洗和 10 min 的压缩空气手动吹扫,仍发现 42.6%的内镜中存在少量液体<sup>[20]</sup>。

Nerandzic 等<sup>[1]</sup>为便于对内镜通道干燥效果进行可视化观察,将内镜剥去外护套、光纤和驱动系统,只剩下通道系统及其内外部连接部位,并将不透明通道移除并替换为等效的透明通道。按照内镜说明书的要求进行乙醇冲洗后悬挂在常温内镜储存柜中,以评估乙醇干燥法的有效性,结果发现存放在常温储存柜中 5 d 后内镜工作通道仍有残余的水分和乙醇,并且主要集中在小直径通道内(水气通道、副送水通道和拾钳器孔道)。Thaker 等<sup>[21]</sup>将未经干燥处理的内镜垂直放置在通风柜中 30 h 仍发现残留液滴,甚至连续存放 6 d 后观察仍有明显水分。

如果内镜再处理流程中缺少干燥步骤,液体可能会在内镜管道内停留数天<sup>[21]</sup>。2020 年版美国胃

肠病学护士协会指南指出,干燥和储存对于预防疾病传播和医院感染与清洗和高水平消毒一样重要<sup>[16]</sup>,美国医疗仪器促进协会指出,一旦内镜进行标准清洗及高水平消毒后,就必须彻底干燥<sup>[22]</sup>,但事实上由于内镜管道复杂,以及干燥效果可能受到多方面因素的影响,现有的临床实践很难做到彻底的干燥。

## 2 软式内镜管腔干燥效果的影响因素

### 2.1 压缩空气

2016 版国内规范要求使用洁净压缩空气对内镜通道进行干燥,但并未对洁净压缩空气的标准进行明确说明<sup>[23]</sup>。国内调查<sup>[24-25]</sup>显示,尚有医院使用非洁净压缩空气进行干燥,污染的压缩空气可能会造成消毒或灭菌后器械在干燥过程中的二次污染,成为医院感染的隐患。欧洲胃肠内镜和内镜护理联合学会 2018 年发表的声明指出,干燥用压缩空气的标准应具有以下最低规格:不含油分,不含灰尘或颗粒,低残留湿度(即露点低于  $-40^{\circ}\text{C}$ )<sup>[4]</sup>。

#### 2.1.1 压缩空气干燥的必要性

Nerandzic 等<sup>[1]</sup>指出,内镜在储存前必须用压缩空气干燥。Thaker 等<sup>[21]</sup>未对胃镜和肠镜进行压缩空气干燥,将其垂直存放在被动通风柜中,在 23 镜次隔夜检查中,共发现 4 次胃镜和 4 次肠镜存在可见水分;对带有拾钳器孔道的内镜(如十二指肠镜、超声内镜)每个端口和通道进行至少 2 min 的手动压缩空气干燥,以及隔夜垂直储存后,在 74 次带有拾钳器孔道的内镜检查中,未检出一次可见水分。文献指出,内镜清洁后在  $50^{\circ}\text{C}$  下用恒定气流的压缩空气进行干燥,对于防止假单胞菌等微生物的生长至关重要<sup>[13]</sup>。

#### 2.1.2 压缩空气的吹扫时间

多数指南建议采用压缩空气干燥,但对于压缩空气的持续时间及压力等相关参数并未给出统一标准。我国规范要求使用压缩空气干燥时间至少 30 s 至其完全干燥<sup>[2]</sup>,即 30 s 可以作为吹扫时间的下限,但 30 s 的干燥时间能否作为安全阈值或达到安全干燥效果仍不确定。Barakat 等<sup>[26]</sup>在用乙醇冲洗和 1 min 的空气吹扫对内镜进行标准再处理后,在管道镜检查中仍发现了“液体池”。国内高桃等<sup>[27]</sup>对管腔进行 1 min 的高压气枪干燥,在 60 镜次采样中发现有 10 次微生物培养呈阳性。美国 2020 年发布的软式胃肠内镜及其附件的再处理指南中提出压缩空气吹扫应至少持续 10 min,以获得最大的安全保障。此推荐具有以下研究支撑:最早 Alfa 等<sup>[28]</sup>研究发现,用压缩空气吹扫 10 min 可以减少内镜通道中的革兰阴性杆菌,但

是由于需要更多的设备、时间和空间,并没有被广泛接受,后来 Barakat 等<sup>[26]</sup>研究发现,采用自动压缩空气干燥 10 min 可产生最佳结果,在干燥 48 h 和 72 h 后进行管道镜检查均未发现液滴。Ofstead 等<sup>[18]</sup>研究指出,使用可进行压力调节的医疗级压缩空气干燥 10 min 并储存在循环 HEPA(高效空气过滤器)过滤空气的机柜中,可以减少内镜管腔中的水分。但研究<sup>[1]</sup>认为 10 min 的压缩空气干燥并不足以干燥所有通道,尤其是对于水气通道、副送水通道和拾钳器孔道等小直径通道。

**2.1.3 压缩空气的压力** 目前国内外的指南中均未对压缩空气的压力进行明确说明,研究<sup>[1]</sup>表明,压力对于 3 种通道系统(副送水通道、水气通道、吸引通道)的干燥时间都有影响(均  $P < 0.05$ )。与在 30 psi (1 psi = 6.89 kpa)下干燥相比,5 psi 下每个通道系统两种残留液体(水和乙醇)的平均干燥时间增加了 3~5 倍。而在 15 psi 和 30 psi 下两种液体的残留没有统计学差异,但是在使用较高压力干燥时,每个通道的平均干燥时间均呈降低趋势。另外,应注意压缩空气的压力要合理控制,压力过高可能会损坏管腔内部和镜头等重要器件<sup>[5,8]</sup>。

**2.1.4 压缩空气的给气方式** 研究采用一种新型干燥设备 DriScope Aid,可以在可设置的持续时间内以受控压力过滤内镜所有内部通道的空气<sup>[26]</sup>。与手动干燥相比,使用 DriScope Aid 进行自动干燥的内镜工作通道内的残留液滴显著减少。此外,此研究也认为储存方式虽不影响自动干燥后的液体残留,但手动干燥后垂直储存似乎更加有益。研究两种给气方式,A 方式通过制造商提供的适配器对所有通道一次导入压缩空气,以限制空气从除远端头外的任何地方逸出;B 方式使用手持式气枪将压缩空气通过控制手柄气缸和光导连接器单元上的辅助入口独立导入每个通道系统,无需连接适配器,结果显示干燥所有通道系统方法 A 平均需要 19.6 min,方法 B 平均需要 43.1 min<sup>[1]</sup>。文献指出相同干燥时间下使用手动干燥法与自动干燥的干燥效果也存在差异,其原因可能包括空气源的流速、软管和端口之间的密封强度,以及人为因素的差异(包括避免漏气和遵守干燥时间)<sup>[26,29]</sup>。另外,手动干燥与操作者专业技术水平和工作责任心密切相关,故干燥效果的一致性难以保证<sup>[8]</sup>。

**2.1.5 使用压缩空气干燥的局限性** 研究<sup>[8,30]</sup>指出,使用压缩空气干燥主要存在以下不足之处:(1)过长的管腔使用压力气枪干燥,难以干燥彻底;(2)

职业暴露的风险:压缩空气会产生较大的声响,长期在噪音环境下工作会损伤工作人员的听力,影响机体内分泌功能,引起头疼、失眠、疲劳、血压增高等症状。此外,长期使用手持高压气枪干燥容易引发腱鞘炎;(3)喷溅出的水分在空气中形成气溶胶,不仅对人体有危害,也会污染环境。

**2.2 乙醇的使用** SGAN 指南指出,为确保内镜彻底干燥,必须先用 70%~90%的乙醇或异丙醇冲洗,然后再用内镜自动洗消机(AER)或手动压缩过滤空气干燥<sup>[16]</sup>。国内规范也明确要求干燥时用 75%~95%乙醇或异丙醇灌注所有管道,并通过吹气或抽吸的方式将其吹干<sup>[2,5,31]</sup>。但应用乙醇干燥内镜通道存在一定争议,乙醇有抗菌特性,且能够促进内镜通道内残留水分的蒸发,从而减少生物负载积聚的可能性<sup>[3]</sup>,但乙醇也具有蛋白质固定的特点,易造成潜在的健康风险<sup>[32]</sup>。研究<sup>[33]</sup>表明,使用乙醇冲洗与不使用乙醇冲洗的再处理十二指肠镜污染率并无差别。乙醇不能干燥内镜或确保其没有微生物生长<sup>[18]</sup>,ESGE-ESGENA 2018 年发表的声明不建议为了干燥而使用乙醇冲洗内镜通道<sup>[4]</sup>。

**2.3 内镜的类型和通道** 有效干燥时间可能因内镜类型而异,建议应根据内镜长度和工作通道直径,为不同内镜设置标准化干燥时间<sup>[1,26]</sup>。目前大部分研究主要集中在大直径通道的内镜,而在实际临床情况中生物膜在小直径通道中往往更常见<sup>[1]</sup>。

**2.4 人员依从性** 提高内镜干燥的自动化和标准化尤为重要。研究<sup>[34]</sup>显示,目前使用压缩空气的执行依从性仍比较差。一项对 249 个中心的调查显示,尽管压缩过滤空气在优化再处理中的重要性已经确立,但使用压缩过滤空气进行干燥的机构却不到 50%,仅 47.8%的中心报告使用手动吹干或使用包含压缩空气干燥的自动内镜洗消机<sup>[10]</sup>。另外调查安徽省 120 所医院清洗消毒现状,发现内镜的干燥储存标准不统一,内镜清洗消毒人员专业知识缺乏,对内镜各管道的干燥重视不够<sup>[35]</sup>。调查江苏省 106 所医院,发现部分机构在干燥时间方面尚不达标,可能与内镜清洗消毒人员对规范的理解存在偏差有关<sup>[36]</sup>。故未来应当建立健全内镜消毒员的准入制度,加强专业知识培训、技能操作和考核,推进干燥流程的规范化和标准化。

### 3 内镜干燥后的不同情况(使用/储存)

从临床实际角度考虑,内镜干燥可分为每日诊

疗之间的干燥和每日诊疗工作结束后的终末干燥,每个再处理周期之后,内镜干燥都是至关重要的。ESGE-ESGENA 2008 年发表的声明<sup>[37]</sup>指出,储存前内镜必须彻底干燥,以防止水源性微生物的生长,但内镜通常不会在内镜手术循环之间完全干燥。2018 年发表的声明<sup>[4]</sup>指出,干燥强度很大程度上取决于内镜进一步的用途,如果内镜要在短时间内用于下一次患者检查,只需去除内镜通道和外表面的主要残留水就足够了。如果内镜不立即重复使用而要存放,应彻底干燥内镜通道和外表面,以避免任何微生物生长导致再次污染。可能与微生物的生长繁殖耗时有关,故在紧密的临床周转过程中可以不必进行彻底干燥,但需要保证达到安全的干燥效果,未来对于这一环节仍需深入研究。

#### 4 储存环境

储存是维持和促进内镜干燥的重要环节,合理的储存可有效补充内镜干燥的不足,有效避免内镜管腔细菌滋生和生物膜的形成。张燕华等<sup>[38]</sup>研究发现,储存在干燥柜内的内镜细菌阳性率较低,消毒后内镜通道是否有微生物生长主要取决于干燥和储存期间内镜通道内的条件。

当内镜垂直悬挂在空气循环柜或干燥柜中时,内镜工作通道内的液体会随着时间的推移而减少<sup>[14,39]</sup>。SGAN 指南指出使用干燥柜时,应遵循干燥柜制造商的说明。由于干燥不依赖于重力,内镜可以水平或垂直存放,具体取决于柜子的设计<sup>[17]</sup>。Perumpail 等<sup>[11]</sup>用氯化钴试纸对比自动干燥储存柜和常规储存柜的干燥效果,自动化柜组内镜内部通道在 1 h 内干燥,外表面在 3 h 内干燥,而标准柜中的内镜在 24 h 后仍然发现有内部液体。自动化干燥储存柜中的压缩空气可恒定流动,通过一个 0.01  $\mu\text{m}$  的过滤器过滤后再导入每个内镜管道,且内镜还被放置在一个盒式系统中,使用 AER 连接,使内镜干燥并水平存放。我国规范要求再处理后的内镜应储存在清洁、干燥的环境中,每日诊疗工作开始前,应对当日拟使用的消毒类内镜进行再次消毒、终末漂洗、干燥,方可用于患者诊疗<sup>[2]</sup>。目前,许多机构的常规做法是对长时间未使用的内镜进行重复再处理,而研究认为若采用自动化干燥储存柜可减少不必要的再处理及其相关成本<sup>[11]</sup>。

欧洲和澳大利亚使用干燥储存柜较为普遍,美国则广泛使用常规储存柜<sup>[17]</sup>,常规储存柜不提供通

过内镜通道或外表面的任何气流,而是将内镜垂直悬挂并通过重力辅助排出液体促进干燥。研究<sup>[21]</sup>表明,在常规非通风条件下储存 24~48 h,近一半的内镜工作通道中存在残留液体,满足生物膜形成的时间要求,因此建议采用无尘干燥存放柜进行储存。使用无尘干燥柜存放可能是维持内镜消毒效果行之有效的方法<sup>[40]</sup>。

#### 5 软式内镜管腔残留水分检测方法

对于软式内镜的干燥效果检测方式可分为直接法和间接法两种。直接法主要使用管道镜进行观察,可分为硬式管道镜和软式管道镜。硬式管道镜较短,观察范围局限,软式管道镜更符合临床需求。国外常用的软式管道镜为 SteriCam,外径为 2.3 mm,工作长度为 110 cm,可插入大多数标准工作通道,可重复使用,通过通用串行总线电缆连接到装有专有软件的笔记本电脑,以查看和记录实时视频和图像<sup>[20]</sup>。研究<sup>[20]</sup>显示,SteriCam 及其相关软件和图像在使用效果和易用性方面评价很高,图像分辨率足以判断工作通道的损坏程度。管道镜只能直接观察大直径通道内的残留液体,不能进入送水送气通道、抬钳器孔道和副送水通道等窄直径通道。因此,目前大多数研究都集中在大直径通道的干燥上,但有研究显示,生物膜或高密度的微生物在窄直径通道中更为常见<sup>[1,20]</sup>。

目前,对于窄通道的测试局限于试纸法,为定向分析法,未考虑应用压缩空气导致的小液滴蒸发或气流可能不足以推出腔内所有液体<sup>[1]</sup>。国外研究多采用氯化钴试纸进行检测,试纸遇到液体将从蓝色变为粉红色<sup>[11]</sup>。另外还有 Hydrion 试纸,通过试纸颜色的直接变化测量相对湿度,不同湿度下试纸颜色不同。一项测试证实,Hydrion 试纸能够检测出由微量移液器转移到试纸上的 10  $\mu\text{L}$  液体<sup>[18]</sup>。

#### 6 软式内镜管腔外表面的干燥

文献指出,如果内镜外表面上残留水分,则可以促进少数微生物在短短几个小时内繁殖超过一百万个菌落形成单位<sup>[17]</sup>,故软式内镜外表面的干燥同样不容忽视。巴西一项研究<sup>[41]</sup>调查 20 所医疗机构的 60 条内镜,其中 18.3% (11 条)的内镜消毒前未进行外表面的干燥,40% (24 条)的内镜消毒后未进行外表面干燥。目前国内外对于内镜外表面干燥的关

注及有关详细调查数据较少,应当予以重视。

各项指南对内镜外表面的干燥要求不尽相同,以压缩空气吹干或采用无绒布、无菌巾擦干内镜外表面、按钮和阀门为主,也可采取两种方法相结合的方式<sup>[3,5,16]</sup>。研究采用高温干燥柜加速器械表面水分的蒸发,加强热风的流动带走器械周围的水蒸气<sup>[8]</sup>。

## 7 展望

多项内镜内部干燥调查结果表明,当前的行业标准不能有效地干燥内镜<sup>[19]</sup>。目前软式内镜的干燥尚存在很多未解决的问题,如干燥的最佳方法和持续时间<sup>[11]</sup>,如何确定干燥的程度或干燥的安全阈值,明确内镜干燥效果的测试指标,探讨促进内镜干燥的储存方式<sup>[34]</sup>等。美国围手术期护士协会指出未来降低内镜污染风险的行动可能包括改进设备设计、再处理技术和监测方法,以及制定有关检查和维护频率的专业指南<sup>[40]</sup>。未来应尽可能提高软式内镜干燥的自动化水平和检测技术,在现有研究的基础上进一步探索内镜最佳的干燥技术方法及其相关参数等,为改进软式内镜再处理流程提供有效的参考依据。

利益冲突:所有作者均声明不存在利益冲突。

## [参 考 文 献]

- [1] Nerandzic M, Antloga K, Litto C, et al. Efficacy of flexible endoscope drying using novel endoscope test articles that allow direct visualization of the internal channel systems[J]. Am J Infect Control, 2021, 49(5): 614-621.
- [2] 刘运喜,邢玉斌,巩玉秀. 软式内镜清洗消毒技术规范 WS 507—2016[J]. 中国感染控制杂志, 2017, 16(6): 587-592. Liu YX, Xing YB, Gong YX. Regulation for cleaning and disinfection technique of flexible endoscope[J]. Chinese Journal of Infection Control, 2017, 16(6): 587-592.
- [3] Day LW, Muthusamy VR, Collins J, et al. Multisociety guideline on reprocessing flexible GI endoscopes and accessories[J]. Gastrointest Endosc, 2021, 93(1): 11-33. e6.
- [4] Beilenhoff U, Biering H, Blum R, et al. Reprocessing of flexible endoscopes and endoscopic accessories used in gastrointestinal endoscopy: Position Statement of the European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) and European Society of Gastroenterology Nurses and Associates (ESGENA) - update 2018[J]. Endoscopy, 2018, 50(12): 1205-1234.
- [5] Cheung DY, Jang BI, Kim SW, et al. Multidisciplinary and multisociety practice guideline on reprocessing flexible gastrointestinal endoscopes and endoscopic accessories[J]. Clin Endosc, 2020, 53(3): 276-285.
- [6] Aumeran C, Poincloux L, Souweine B, et al. Multidrug-resistant *Klebsiella pneumoniae* outbreak after endoscopic retrograde cholangiopancreatography [J]. Endoscopy, 2010, 42(11): 895-899.
- [7] Bajolet O, Ciocan D, Vallet C, et al. Gastroscopy-associated transmission of extended-spectrum beta-lactamase-producing *Pseudomonas aeruginosa* [J]. J Hosp Infect, 2013, 83(4): 341-343.
- [8] 姚艳华,魏红艳,张晓秀,等. 不同干燥方法对软式内镜的干燥效果[J]. 中国感染控制杂志, 2020, 19(2): 169-172. Yao YH, Wei HY, Zhang XX, et al. Effect of different drying methods on drying flexible endoscope [J]. Chinese Journal of Infection Control, 2020, 19(2): 169-172.
- [9] Rutala WA, Weber DJ. Outbreaks of carbapenem-resistant *Enterobacteriaceae* infections associated with duodenoscopes: what can we do to prevent infections? [J]. Am J Infect Control, 2016, 44(5 Suppl): e47-e51.
- [10] Thaker AM, Muthusamy VR, Sedarat A, et al. Duodenoscope reprocessing practice patterns in U. S. endoscopy centers: a survey study [J]. Gastrointest Endosc, 2018, 88(2): 316-322. e2.
- [11] Perumpail RB, Marya NB, McGinty BL, et al. Endoscope reprocessing: comparison of drying effectiveness and microbial levels with an automated drying and storage cabinet with forced filtered air and a standard storage cabinet [J]. Am J Infect Control, 2019, 47(9): 1083-1089.
- [12] Vickery K, Pajkos A, Cossart Y. Removal of biofilm from endoscopes: evaluation of detergent efficiency [J]. Am J Infect Control, 2004, 32(3): 170-176.
- [13] Kovaleva J, Degener JE, van der Mei HC. Mimicking disinfection and drying of biofilms in contaminated endoscopes [J]. J Hosp Infect, 2010, 76(4): 345-350.
- [14] Pineau L, Villard E, Duc DL, et al. Endoscope drying/storage cabinet: interest and efficacy [J]. J Hosp Infect, 2008, 68(1): 59-65.
- [15] Ofstead CL, Hopkins KM, Buro BL, et al. Challenges in achieving effective high-level disinfection in endoscope reprocessing [J]. Am J Infect Control, 2020, 48(3): 309-315.
- [16] Loyola M, Babb E, Bocian S, et al. Standards of infection prevention in reprocessing flexible gastrointestinal endoscopes [J]. Gastroenterol Nurs, 2020, 43(3): E142-E158.
- [17] Herrin A, Loyola M, Bocian S, et al. Standards of infection prevention in reprocessing flexible gastrointestinal endoscopes [J]. Gastroenterol Nurs, 2016, 39(5): 404-418.
- [18] Ofstead CL, Heymann OL, Quick MR, et al. Residual moisture and waterborne pathogens inside flexible endoscopes: evidence from a multisite study of endoscope drying effectiveness [J]. Am J Infect Control, 2018, 46(6): 689-696.
- [19] Ofstead CL, Wetzler HP, Heymann OL, et al. Longitudinal assessment of reprocessing effectiveness for colonoscopes and gastroscopes: results of visual inspections, biochemical mar-

- kers, and microbial cultures[J]. *Am J Infect Control*, 2017, 45(2): e26 - e33.
- [20] Barakat MT, Girotra M, Huang RJ, et al. Scoping the scope: endoscopic evaluation of endoscope working channels with a new high-resolution inspection endoscope (with video) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2018, 88(4): 601 - 611. e1.
- [21] Thaker AM, Kim S, Sedarat A, et al. Inspection of endoscope instrument channels after reprocessing using a prototype bore-scope[J]. *Gastrointest Endosc*, 2018, 88(4): 612 - 619.
- [22] IAHCMM. Endoscopy reprocessing manual[M]. International Association of Healthcare Central Service (IAHCMM), 2015.
- [23] 毕正琴, 李贤煌, 周梦娇, 等. 软式内镜干燥现状的研究进展 [J]. *中国消毒学杂志*, 2021, 38(11): 860 - 863.
- Bi ZQ, Li XH, Zhou MJ, et al. Research progress of flexible endoscopic drying[J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2021, 38(11): 860 - 863.
- [24] 金慧, 王慧敏, 沈林海, 等. 杭州市医疗机构消化内镜清洗消毒现状及影响因素分析[J]. *中国消毒学杂志*, 2021, 38(3): 214 - 217.
- Jin H, Wang HM, Shen LH, et al. Analysis of the current status and influencing factors of gastrointestinal endoscope cleaning and disinfection in medical institutions in Hangzhou [J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2021, 38(3): 214 - 217.
- [25] 纪学悦, 张楠楠, 费春楠. 医用压缩空气净化及监测研究进展 [J]. *中国感染控制杂志*, 2020, 19(9): 851 - 856.
- Ji XY, Zhang NN, Fei CN. Advances in purification and monitoring of medical compressed air[J]. *Chinese Journal of Infection Control*, 2020, 19(9): 851 - 856.
- [26] Barakat MT, Huang RJ, Banerjee S. Comparison of automated and manual drying in the elimination of residual endoscope working channel fluid after reprocessing (with video) [J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 89(1): 124 - 132. e2.
- [27] 高桃, 刘荣耀, 崔书华, 等. 压缩空气干燥法对内镜消毒效果的影响 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2011, 21(22): 4756 - 4757.
- Gao T, Liu RY, Cui SH, et al. Effect of compressed air drying on effectiveness of endoscope disinfection [J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2011, 21(22): 4756 - 4757.
- [28] Alfa MJ, Sitter DL. In-hospital evaluation of contamination of duodenoscopes: a quantitative assessment of the effect of drying[J]. *J Hosp Infect*, 1991, 19(2): 89 - 98.
- [29] Thaker AM, Muthusamy VR. Innocent bystanders or legitimate culprits? The role of moisture and simethicone in endoscopically transmitted infections [J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 89(1): 133 - 136.
- [30] 刘阳, 魏方, 朱子犁, 等. 深圳市医疗机构消化内镜室消毒质量现状调查 [J]. *中国消毒学杂志*, 2021, 38(8): 574 - 577.
- Liu Y, Wei F, Zhu ZL, et al. Present situation investigation on disinfection quality of digestive endoscope rooms in medical institutions of Shenzhen [J]. *Chinese Journal of Disinfection*, 2021, 38(8): 574 - 577.
- [31] Iwakiri R, Tanaka K, Gotoda T, et al. Guidelines for standardizing cleansing and disinfection of gastrointestinal endoscopes [J]. *Dig Endosc*, 2019, 31(5): 477 - 497.
- [32] Behm T, Robinson N. Sterilization central: drying and storage of flexible endoscopes: an area of growing concern [J]. *Biomed Instrum Technol*, 2020, 54(3): 223 - 227.
- [33] Singh H, Duerksen DR, Schultz G, et al. Evaluation of an overnight non-culture test for detection of viable Gram-negative bacteria in endoscope channels [J]. *Endosc Int Open*, 2019, 7(2): E268 - E273.
- [34] Kovaleva J. Endoscope drying and its pitfalls [J]. *J Hosp Infect*, 2017, 97(4): 319 - 328.
- [35] 凌琳. 安徽省软式内镜清洗消毒管理现状调查 [D]. 合肥: 安徽医科大学, 2019.
- Ling L. Investigation on the management of cleaning and disinfection of flexible endoscopes in Anhui province [D]. Hefei: Anhui Medical University, 2019.
- [36] 石雪平, 李雯, 谢甜芳, 等. 江苏省 106 所医疗机构消化内镜清洗质量问卷调查 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2021, 31(21): 3356 - 3360.
- Shi XP, Li W, Xie TF, et al. Questionnaire survey of cleaning quality of digestive endoscopes in 106 medical institutions in Jiangsu province [J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2021, 31(21): 3356 - 3360.
- [37] Beilenhoff U, Neumann CS, Rey JF, et al. ESGE-ESGENA guideline: cleaning and disinfection in gastrointestinal endoscopy [J]. *Endoscopy*, 2008, 40(11): 939 - 957.
- [38] 张燕华, 周英顺, 陈建美, 等. 常规高水平消毒软式内镜细菌监测结果 [J]. *中华医院感染学杂志*, 2020, 30(24): 3832 - 3836.
- Zhang YH, Zhou YS, Chen JM, et al. Surveillance of regular high-level disinfection of flexible endoscopes [J]. *Chinese Journal of Nosocomiology*, 2020, 30(24): 3832 - 3836.
- [39] Brock AS, Steed LL, Freeman J, et al. Endoscope storage time: assessment of microbial colonization up to 21 days after reprocessing [J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 81(5): 1150 - 1154.
- [40] Croke L. Key steps in flexible endoscope reprocessing [J]. *AORN J*, 2019, 110(6): P11 - P13.
- [41] Barbosa JM, Souza ACS, Tipple AFV, et al. Endoscope reprocessing using glutaraldehyde in endoscopy services of Goiânia, Brazil: a realidade em serviços de endoscopia de Goiânia, GO [J]. *Arq Gastroenterol*, 2010, 47(3): 219 - 224.

(本文编辑:曾翠,左双燕)

本文引用格式:刘文龙,田贺峰,朱炫瑞,等. 软式消化内镜干燥方法的研究进展 [J]. *中国感染控制杂志*, 2022, 21(6): 604 - 609. DOI:10.12138/j.issn.1671-9638.20222008.

Cite this article as: LIU Wen-long, TIAN He-feng, ZHU Xuan-rui, et al. Research progress on drying of flexible digestive endoscope [J]. *Chin J Infect Control*, 2022, 21(6): 604 - 609. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20222008.